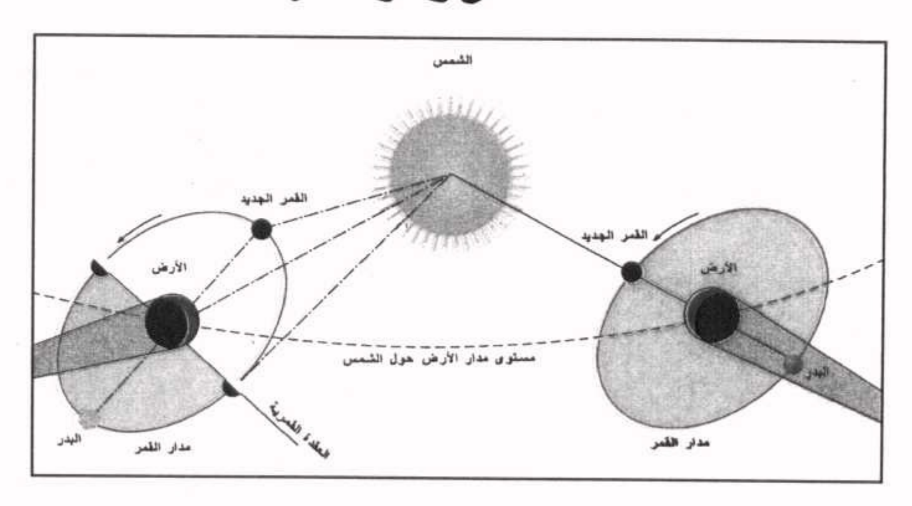
جمهوريـة مصـر العربيـة
وزارة الدولـة لشئـون البحـث العلمـي
المعهد القومي للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية
حلـــوان



# الشمس والقمر بحسبان

## "خصائص وظواهر"




تأليف
الأستاذ الدكتور : محمد أحمد سليمان

الطبعة الثانية ٢٠٠٣



بسم الله الرحمن الرحيم

# الإهــــــداء

إلى كل العــاملين المخلصين...

من أجل تحــــرير المعـــــرفــــة ...

من مـكـامنهــا البــعــيـدة ...

وصيانة الثقافة بعيدا عن مدعيها ...

وجعلهما في متناول البسطاء ...

لقـــــمـــــة ســــائغــــة

المؤلف

# تقـــــديم

الشمس والقمر ... آيتان من آيات الله . ذواتا آثار واضحة ، على وفي حياة كل مخلوق على ظهر الأرض ... ومن المخلوقات فئة فتح الله عليها بمعرفة بعض من خصائصهما ... ومن المخلوقات فئة أخرى أعفاها الله من عبء هذه المسئولية ، وإن لم يعفها من تلمس أخبار هذه المسئولية عند الفئة الأولي .

والكلام عن الشمس والقمر قد يكون ممتعا ،وقد يكون أيضا مستغلقا على الفهم ، فعلى قدر ما يحتويان من أعاجيب على قدر ما يتضمنان من ألغاز ، تحاول النماذج الرياضية الفيزيائية فك طلاسمها وسبر أغوارها ، وقهر استحكاماتها التكوينية والكونية.

وهذا الكتاب يحاول أن يجعل من اكتشافات الإنسان عن هذين الجسمين السماويين ، وجبة سائغة لكل المستويات الثقافية ، وفي نفس الوقت يمكن أن تكون مرجعا كافيا في تأليف الكتب المدرسية ، التي غالبا ما تكتظ بكثير من الأخطاء بالغة الأثر على حصيلة أبنائنا الطلبة ، حيث تترسب في أذهانهم كما هي بأخطائها المدونة بهذه الكتب المدرسية .

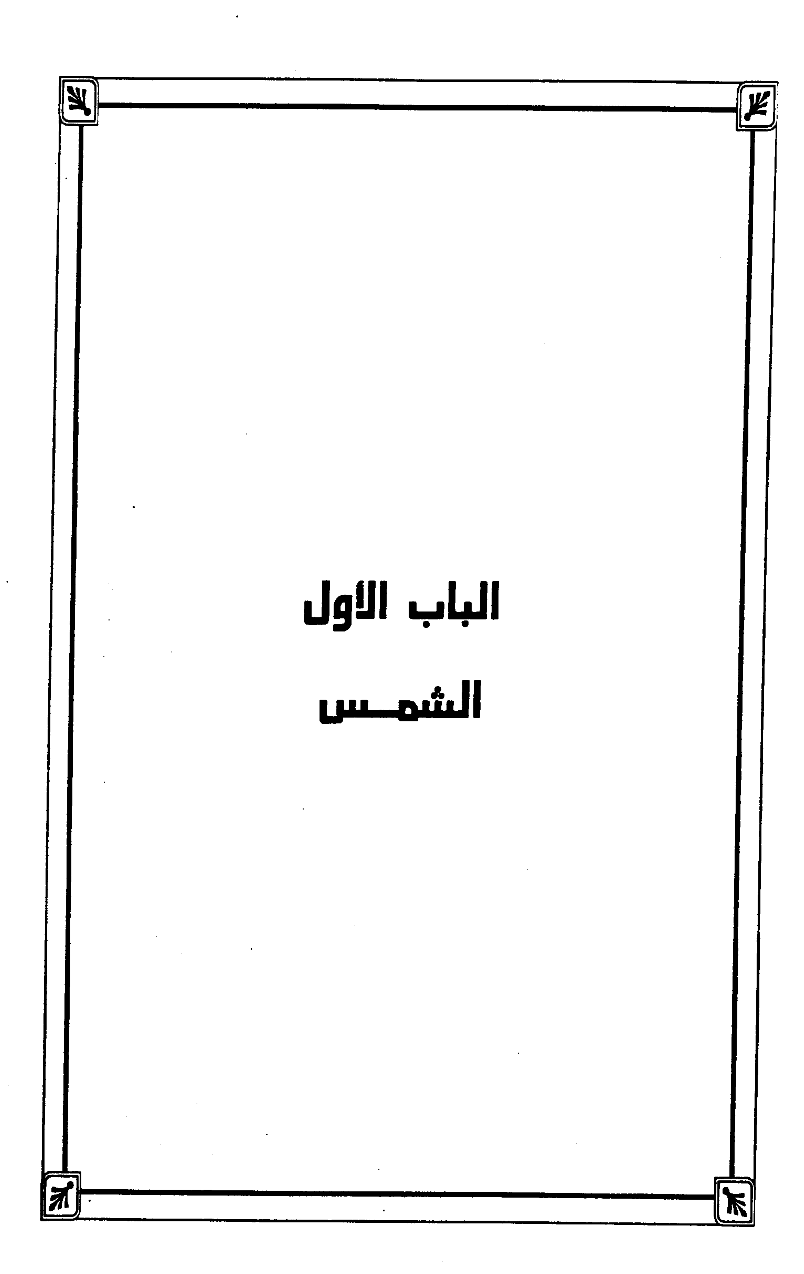
وبالرغم من ضيق الزواية التي أردت أن ألفت النظر إليها من زوايا علم الفلك المتنوعة ، إلا أن ما تحتويه هذه الزاوية كثيف وعميق ، عمق نواة الشمس من إكليلها . ولهذا حاولت أن أتوخى البساطة قدر الإمكان ، وإن كنت لم أستطع الإفلات من بعض المعادلات الرياضية ، نظرا لأهميتها ، وحتمية ذكرها لإيضاح بعض الظواهر الناشئة عن العلاقة بين الشمس والأرض والقمر .



وحسبي من القارئ أن يدرك مدى الدقة التي بني الله عليها ذلك الكون ، فيما يعتليه القمر والأرض والشمس من مدارات ، متباينات العناصر ، متوافقات المواقع ، جعلتنا نقف على حالتها ، ونعرف ما تسفر عنه من ظواهر . ومع توافر الدقة في حساباتنا ، أصبحنا نعرف زمانها ومكانها ، ولم يحدث أن أخلفت ميعادا أو بدلت موقعا .

والفضل لصاحب الفضل من قبل ومن بعد .

**دكتور: محمد أحمد سليمان**



# الباب الأول

## الشمس



## مقدمـــة :

هل يمكن أن نتخيل الحياة بدون الشمس ؟ وهل يمكن أن نتحمل منظر السماء وهي في ليل مدلهم دائم ؟ بل هل يمكن لنا أن نتخيل النجوم زاهية متراصة بانتظام كطابور الصباح في مدرسة ابتدائية وليس بينها الشمس ؟ وهل لنا كذلك أن نتخيل إذا كانت المجرات أيضا موزعة بنفس الطريقة لتشبه كومات من القش في قرية كونية وهي معروضة في مزاد عالمي؟

إذا تخيلنا هذا وذاك نجد أنه من حسن حظنا نحن إنسان الأرض أن الكون بكل جزئياته من نجوم وتجمعات نجمية و مجرات و سدم وكواكب وأقمار قد تم توزيعه بشكل أقرب إلى اللانظام منه إلى الانتظام ، وكلما أرسلنا البصر ثم أرسلناه يرتد إلينا البصر وهو حسير ، لأننا دائما نجد الجديد ، ونكتشف في كل مرة شيئا مغايرا . بل إننا نكتشف أن الذي اكتشفناه من قبل بدء في شكل جديد . ويساعد على ذلك ما يستجد في كل لحظة من نظريات علمية وما يخترع من أجهزة ووسائل بحثية جديدة .

والفلكيون دائما في صراع مع الكون ، لاستخراج مكنوناته التي لا تمكنهم حاسة اللمس من استخراجها . بل إنهم يستخدمون في ذلك أكثر من حاسة أهمها الحواس غير المدرجة في القائمة المعروفة لحواس الإنسان العادية . والصراع أكثر حدة في تحديد الأشياء واستخراج قوانينها التي تعتمد على نواميس متخبطة في ظاهرها ، متناسقة في أساسياتها . ويكتشفون بعد عناء أن لكل من الأشياء قانونها الخاص الذي ميزها به الخالق عن بقية الأقران . ويختلف الأمر بالنسبة لبعض الفلكيين إذا كانوا سيأخذون بوجهة نظر الفيزياء،فعليهم في هذه الحالة أن يميزوا بين هذه الأشياء بعضها البعض لإيجاد الفروق الناشئة عن اختلاف نوعياتها ، بحيث



يكون هناك فرق بين النشيط والكسول منها ، وكيف يتطور أحدهما بطريقة متميزة عن الآخر . فهذه التصرفات لابد لها من مسببات. وهذه المسببات هي غاية المراد من قبل علم الفيزياء الفلكية .

لقد كان المشتغلون بالفيزياء الفلكية أكثر حظا من زملائهم الفلكيين في بقية أفرع الفلك الأخرى ، لأن الباحث فيها يكون أكثر توفيقا إذا عثر على عينة من الجسم المراد دراسته . ويعتبر وصول العينة إلى يدي أو عيني الباحث نهاية المطاف ، حيث يُعمِل فيها تجاربه ليصل إلى حد فيصل ، فإما أن يثبت قوائم النظرية الخاصة بها ، أو يقوضها من الأساس . ولدينا على ذلك مثال واضح حينما استحضر الإنسان عينات من تربة القمر فأصبحت كلمة الفوهات البركانية التي توصف بها الفوهات والفجوات الموجودة على سطح القمر ذات قيمة تاريخية فقط ، لأن معظم هذه الفوهات لم تنشأ عن براكين كما كان معتقدا من قبل ، و إنما نشأت عن اصطدام النيازك بسطح القمر .

ونعود الآن للفيزوفلكيين Astrophysicists وهم يدرسون تلك العينة الضخمة التي سخرها الله بين أيديهم ، يجرون عليها تجاربهم التي تتناول آثارها الواضحة على نمو الحياة في الكرة الأرضية . وتلك العينة التي تمثل مادة البحث أصدق تمثيل هي الشمس ، نجمنا الحبيب القريب ، فإلى جانب أنها تمدنا بالضوء وكل أنواع الطاقة ، فهي أصدق معمل فيزوفلكي Astrophysical فيه نستطيع الكشف عن كنه كثير من العمليات الفيزيائية التي تحدث في الكون البعيد جدا عنا وعن الشمس .

هذه العينة الضخمة تمثل الفجوة التي تستطيع أن تبتلع في جوفها مليون و٣٣٣ الف كرة أرضية،وتبلغ كتلتها ٢٠٠٠ مليون مليون

مليون مليون طن ($2\times10^{27}$). ويبلغ قطر القرص الشمسي ، حينما يرى من على سطح الأرض ٣٢ دقيقة قوسية ، وهو ما يعادل مسافة خطية قدرها مليون و ٣٩٢ ألف كيلومترا ، مساويا بذلك قطر الأرض ١٠٩ مرة في حين أن المسافة بين الأرض والشمس ١٠٧ مرة .

إن قرب الشمس منا جعلها تحظى دائما ومنذ فجر التاريخ بكل الاهتمام والتقدير والدراسة . ولأنها كذلك ، فقد ارتفعت الحواجب بالدهشة في عام ١٩٧٩ حينما أعلن " جاك أيدى " وآرام بورنازيان " في المقابلة الدورية التي تتم في يناير من كل عام لهيئة الفلك الأمريكية ، أن الشمس قد انكمشت في وقت ما بين عامي ١٨٣٦ و ١٩٥٣ . ورغم أن الرأي لم يكن جديدا ، ولكن لأنه يتعلق بأخطر الأجرام السماوية على الإطلاق فقد ارتفعت الحواجب بالدهشة . فعلى مدى المائة والسبعين عاما الماضية ، أبدى بعض الفلكيين قناعتهم بتغير قطر الشمس . هذا الرأي يعضده أرصاد تبين أن كمية التآكل في قطر الشمس يبلغ ثانيتين قوسيتين كل مائة عام ( ٠,١ ٪ من قطر الشمس ). وهذا يعني أن الشمس يمكن أن تئول إلى نقطة صغيرة بعد ١٠٠ ألف عام ، وهذا أسرع ١٠٠ مرة من المعدل الذي افترضته استنتاجات كلفن - هولمهولتز ، الذي اعتبر فيه أن الانكماش هو مصدر انطلاق الطاقة الشمسية . ومثل هذا الذبول السريع يعتبر نكسة لجميع النماذج المعاصرة التي تتناول موضوع التطور النجمي وحيثياته .

وفور إعلان رأي " أيدى - بورنازيان " بدأت الصحف الرسمية في الانتقاد ، فالنصف ظل معترضا لا يؤيده ، والبعض طالب حتى بتحطيم القلم الذي كتب به هذا الرأي . إلا أن الدعوة إلى إعادة اختبار التقارير

التاريخية قد أيدت أن نجمنا ليس ثابتا كما كان معتقدا خلال العشرين سنة السابقة لتلك المقابلة الدورية . ولقد تلخص الموقف برمته في كتاب " ليوجولد برج " الذي يحمل عنوان " الشمس " ويؤيد فيه إمكانية وجود إنقاص شمسي قد يصعب ملاحظته لكن الدلائل على حدوثه قائمة .

## نشأة الشمس وتطورها وخصائصها :

الشمس هي الجسم المركزي للمجموعة الشمسية ، وهي كرة مستديرة من البلازما ، وتبعد عن الأرض مسافة متوسطة قدرها ١٤٩ مليون و ٦٤٠ ألف كيلومترا. حيث يقطع الضوء هذه المسافة في ثماني دقائق وعشرين ثانية ( ٥٠٠ ثانية ) . وللشمس تأثير مباشر على بقية أجزاء المجموعة الشمسية . ومن أهم هذه التأثيرات خلق الظروف التي أتاحت ظهور الحياة على سطح الأرض .

ويحتمل أن تكون الشمس قد تطورت مع مجموعتها الشمسية عن السحابة الغازية التي نشأت عن الدوي أو الإنفجار الكبير منذ ما يقرب من خمسة آلاف مليون سنة . وفي بدايته كانت مادة الشمس ساخنة جدا ، بسبب التضاغط الناشئ عن قوة التجاذب ، ثم ارتفعت درجة الحرارة والضغط بالأسلوب الذي نشأ عنه بعض التفاعلات النووية التي تساعد على ارتفاع أكثر في درجة حرارة باطن الشمس ، بما يسمح بتعادل قوة التضاغط مع قوة التجاذب ، وهي الصورة التي يبدو عليها تركيب الشمس الحالي ، الذي تميزه عملية تحول ذرات الهيدروجين إلى هليوم في المركز . وعلى مدى الخمسة آلاف مليون سنة الماضية تحول نصف الهيدروجين إلى هليوم . وكان من نتيجة ذلك التحول هو انطلاق تلك الطاقة الهائلة التي يتغذى عليها الكون المحيط بالشمس .

قوة إشعاع الشمس هائلة وتبلغ ٣,٨ × $١٠^{٢٠}$ ميجاوات ، إلا أن الأرض لا تستفيد من هذه الطاقة إلا بجزء من ٥٠٠ مليون جزء . وهذا الجزء الضئيل نسبيا يمكن أن يرفع درجة حرارة ٣٧ ألف طن من الماء من درجة التجمد إلى درجة الغليان في مدى دقيقة واحدة . وهذا الجزء الذي تمتصه الأرض هو الذي يساعد على استمرار حياة الكائنات ، والقيام بوظائفها المختلفة ، بالإضافة إلى ذلك الجزء الذي تراكم في باطن الكرة الأرضية بمضي الزمن ، وهو ما يظهر لنا في أشكال الطاقة المختلفة مثل الفحم والخشب والبترول .

وتعتبر الشمس جسما كرويا متماثلا في حالة توازن هيدروستاتيكي ، حيث تتشابه الظروف المحيطة بالنواة من جميع الاتجاهات في جميع النقاط المتساوية البعد عن المركز . وتزداد الكثافة والضغط ودرجة الحرارة كلما اتجهنا نحو المركز ، حيث يتضاغط الغاز بتأثير انتقال الطبقات المختلفة لمادة الشمس . ويمكن تقسيم الشمس إلى عدة طبقات ، من حيث اختلاف الظروف الفيزيائية الخاصة بكل طبقة ، مع التسليم بأن هذه الطبقات تتداخل في بعضها البعض ، وفي المركز تصل درجة الحرارة إلى ما يقرب من ١٥ مليون درجة . أما الضغط فيصل إلى عدة مئات من المليارات قدر ضغط الأرض الجوي . ولذلك تصل الكثافة إلى ١,٥ × $١٠^{٥}$ كجم / $م^{٣}$ . ومعظم الطاقة التي تبعثها الشمس يتم توليدها في المنطقة التي تشغل سدس قطر الشمس من جهة المركز . أما الجزء الذي يقع جهة السطح ، فتوجد به الفقاقيع الناشئة عن ارتفاع درجة الحرارة ، والتي تشبه فقاقيع غليان الماء ، وفوق هذه المنطقة مباشرة توجد الطبقات التي تقع تحت طائلة أرصاد المراصد الأرضية .

أما الغلاف الجوي الشمسي فيتكون أيضا من عدة طبقات مختلفة ، تبدأ بالطبقة المسماة بالفوتوسفير Photosphere أي الكرة المضيئة ، وهي أرق طبقات الغلاف الجوي الشمسي ، حيث يبلغ سمكها ٣٠٠ كم وهي التي ترى في الأرصاد المباشرة ، وتظهر خطوطها في الطيف الشمسي غير المستمر . وأبرد مناطق هذه الطبقة هي المنطقة التي تقع في أعلاها ، وتعطي خطوط " فرنهوفر " الامتصاصية في الصور الطيفية للشمس . وتبلغ درجة حرارة هذه الطبقة ٥٦٧٠ درجة مئوية . أما المنطقة السفلى من طبقة الفوتوسفير فهي أكثر مناطقها حرارة .

وتعتبر الشمس مصدرا قويا للموجات الراديوية ذات الأطوال السنتيمترية والديسيمترية والمترية التي يشعها الغلاف الجوي الشمسي في الفراغ بين الكوكبي . إلى جانب أن الغلاف الجوي الشمسي يصدر موجات أخرى قد تصل في الطول إلى عشرة آلاف كيلومتر ، ذات ترددات زمنية قد تصل إلى خمس دقائق .

ويحتوي الإشعاع الراديوي الشمسي على نوعين من التراكيب : ثابت ومتغير ( المتغير يصدر في شكل عواصف شمسية ) . ففي أوقات الومضات الشمسية القوية تنمو الموجات الراديوية عدة آلاف من المرات ، وفي بعض الحالات تنمو ملايين المرات قدر نموها في الحالات الهادئة للشمس . والمعروف أن الإشعاع الشمسي ليس ذات طبيعة حرارية .

وإلى جانب الإشعاعات ذات الأطوال الموجية الطويلة ، يصدر عن الشمس إشعاعات في الأطوال الموجية القصيرة ، مثل أشعة أكس ، التي تنطلق من طبقات الغلاف الجوي العليا للشمس ومن الهالة . ويلاحظ ذلك بصورة خاصة في سنوات ذروة النشاط الشمسي الدورية .



وتعتبر الشمس مصدرا دائما لفيض الجسيمات المشحونة عالية الطاقة، مثل النيترينوات والإلكترونات والبروتونات وجسيمات ألفا ، وكذلك نويات العناصر الثقيلة التي يتكون منها الخليط المعروف باسم " التيارات الجسيمية الشمسية Solar Corpuscular Streams " ويكون الجزء الأكبر من هذه الإشعاعات على شكل تيارات بلازمية مستمرة معروفة باسم " الرياح الشمسية Solar Wind" التي تعتبر امتدادا لطبقة الغلاف الجوي الشمسي . ومعظم هذه الجسيمات وخاصة الإلكترونات والبروتونات التي يرتبط انطلاقها بحدوث الومض الشمسي القوي . التي يكون من نتيجتها أن تنطلق هذه الجسيمات بسرعات عالية تقترب من سرعة الضوء ، وهي الجسيمات التي تعرف باسم الأشعة الكونية الشمسية . ولهذه التيارات الجسيمة تأثيرات قوية على الكرة الأرضية ، وبالذات على الطبقات العليا للغلاف الجوي الأرضي المعروفة باسم " الأيونوسفير " . وكذلك تؤثر على المجال المغناطيسي الأرضي مما يتسبب عنه معظم الظواهر الجيوفيزيقية الغريبة . وإذا أردنا تقسيم الشمس إلى طبقات متميزة نجد أنها تنقسم إلى ثلاث مناطق : نواة الشمس ، وهي المنطقة التي تتم فيها التفاعلات النووية، وطبقة الفوتوسفير ثم طبقة الكروموسفير . وتختلف طبقة الفوتوسفير عن طبقة الكروموسفير في أن الأولي متجانسة التركيب والثانية غير متجانسة. ويكمن اللاتجانس في التباين الواضح بين اللمعان و القتامة ، وهو ما يؤدي إلى ما يعرف باسم الحبيبات الكروموسفيرية ، التي تلاحظ بوضوح في المرشحات الضوئية التي تسمح بمرور الأطوال الموجية لضوء عنصر الكالسيوم . وهي تحدث أيضا مثل حبيبات الفوتوسفير كنتيجة لحركة الغازات التي تعلوها. ومن خصائص الكرة المضيئة أو الفوتوسفير أن إلكترون ذرة الهيدروجين لا يتعلق بها ، بل يسبح كما يحلو له . وهو

والبــروتون على خــلاف دائم ، وفي حــالة شــتــات مــســتــمــر بين طبــقــتي الفوتوسفير والكروموسفير نظرا لظروف الحرارة العالية . أما في الطبقات الأبرد يوجد الهيدروجين في حالة تعادل كهربي ، ولهذا يرسل الإشعاعات الهيدروجينية ذات الأطوال الموجية الواقعة بين ٦٣٧٠ أنجستروم و ٦٥٦٣ أنجستروم ، وهي الأطوال التي يمكن رؤيتها من خلال مرشح أحمر قاني .



## الظواهر الشمسية

الشمس كما ترى من سطح الأرض ، عبارة عن قرص يبلغ قطره ١٩٢٠ ثانية قوسية ، وفي توافر الظروف الجوية الجيدة يتيح لنا المنظار الفلكي الشمسي رؤية التفاصيل الدقيقة من سطح الشمس ، والتي قد يصل بعدها إلى ثانية قوسية واحدة ، أي ما يعادل ١... كيلومتر على سطح الشمس . وفي المدى المرئي للضوء ، من أقصاه إلى أدناه يمكن ملاحظة عدة ظواهر، سنتناول معظمها بشيء من التفصيل .

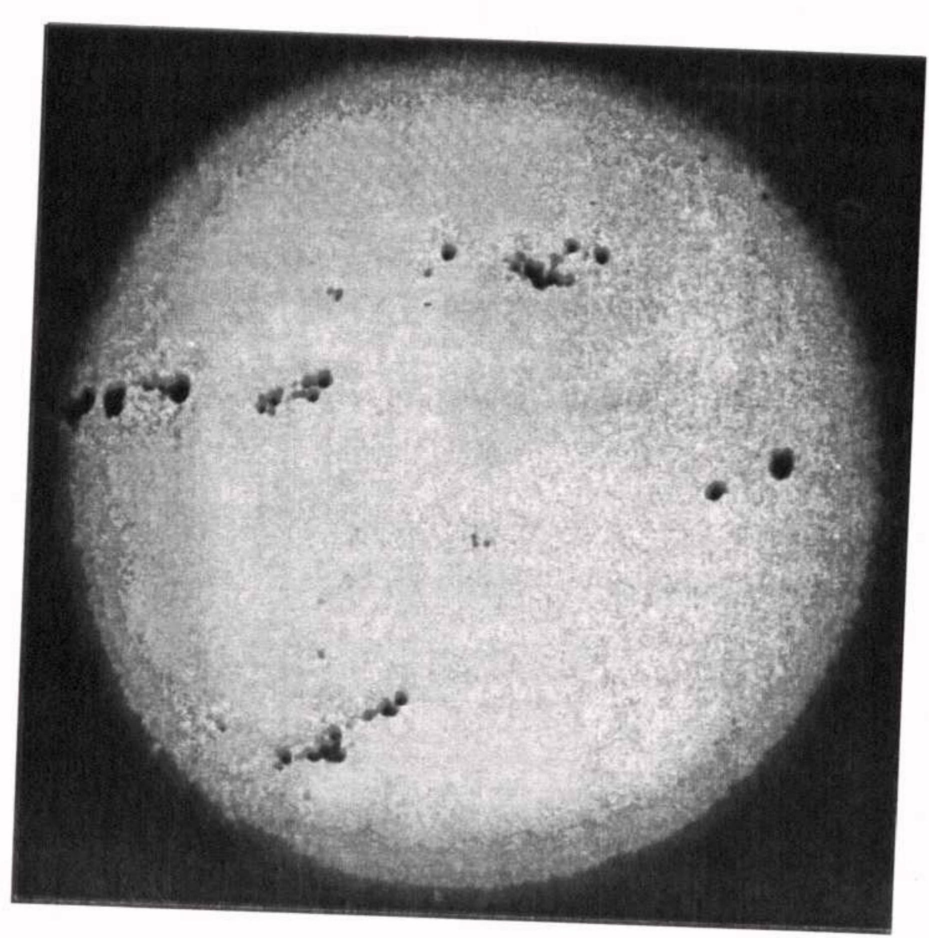
## البقع الشمسية

### نبذة تاريخية:

مازال كثير من الناس ومن الفلكيين ، يعتقد أن جاليليو هو أول من رصد البقع الشمسية. ولكن الأرصاد التاريخية المدونة ترجع إلى الصينيين القدماء ، حيث سجلوا في آثارهم ، رؤيتهم للبقع الشمسية بالعين المجردة . ولكي تكون البقع الشمسية مرئية بالعين المجردة ، لابد أن تمتد عبر قرص الشمس مسافة ٤٠٠٠٠٠ كيلومترا ، وذلك متيسر الحدوث . ومن الغريب والطريف في نفس الوقت أن الصينيين قد فسروا هذه الظاهرة على أنها طيور هائمة على قرص الشمس ، وقد كان أول تسجيل إسلامي للبقع الشمسية في ٢٥ مايو عام ٨٤٠ الذي تم تتبعها على مدي ٩١ يوما ( أي ٣ دورات للشمس حول نفسها ) .

أما بالنسبة للغربيين ، فقد اكتشفها كل من جوهان فابريشيوس Johan Fabricius والأب شينر كورات Scheiner Cyrat وتوماس هاريوت Thomas Hariotوجاليليو Galilio Galilei وكان هاريوت أول من رصدها . ولكن فابريشيوس كان أول من أصدر نشرة مطبوعة عن البقع الشمسية

وتلاه شينر كورات . والاعتقاد السائد أن جاليليو هو أول من رصدها يرجع إلى تلك العبارة التي نشرها في كتابة Sagiatore " لقد منحت وحدي اكتشاف كل الظواهر الجديدة في السماء ، ولا أحد غيري " .



شكل (١)

البقع الشمسية أول الملامح التي تطالع الراصد بالمنظار الشمسي



وربما يرجع الفضل إلى جاليليو في أنه لم يفسرها كما فسرها شينر وغيره من أنها كواكب تحيط بالشمس ، ولكن جاليليو فسرها على أنها ظاهرة من الظواهر الشمسية التي تقع على سطح الشمس نفسها ، وتدور مع دورانها . وكان السير وليم هرتشل - الفلكي الهاوي آنذاك ، والذي يعتبر فيما بعد مؤسس علم الفلك الحديث - يعتقد ، نتيجة لما قضاه من وقت في مشاهدتها ، أنها عبارة عن ثقوب في جو الشمس ، وقد ذهب هرتشل إلى أبعد من ذلك ، حيث اعتبرها دليلا على وجود سكان على الشمس ، نظرا لقاتمية البقع عن السطح المحيط بها .

ويرجع المفهوم الحديث للبقع الشمسية إلى عام ١٩٠٨ ، حينما اكتشف جورج الليرى George Ellery أن للبقع الشمسية مجالا مغناطيسيا شديدا .وقد توصل الليري لذلك عن طريق ما تعلمه في الفيزياء العملية من أن الذرات الموجودة في مجال مغناطيسي تعاني من تأثيرات متميزة تظهر في أطيافها ، وأن الجمع بين استقطاب وإنفلاق الخطوط الطبفية لهذه الذرات، وهو ما يعرف بتأثير زيمان Zeeman Effect ، ينم عن وجود مجال مغناطيسي . ولقد عرف الليري هذا حينما رأى الاختلاط في طيف البقع الشمسية فلما قارنه بما حصل عليه معمليا ، تأكد من وجود مجال مغناطيسي للبقع الشمسية.

وفي الوقت الذي ظهر فيه فضل الليري في اكتشاف المجال المغناطيسي للبقع الشمسية ، كانت نظريته في تفسيرها خاطئة ، حيث فسرها بوجود عواصف رأسية تنشأ من عدم التوازن في العلاقة بين غلافي الأرض والشمس ( في حين يلعب فرق درجات الحرارة بين القطب وخط الاستواء على الكرة الأرضية دورا هاما ) فإن الحال ليس كذلك



بالنسبة للشمس ، لأن الحرارة الكلية لغلاف الشمس ، وهي ٥٧٦٠ درجة ، ليست على نفس المستوى من التأثير في جميع أرجائه .

## خصائص البقع الشمسية ونشأتها :

للبقع الشمسية أشكال غير منتظمة على قرص الشمس ، تتميز بانخفاض إشعاعها المستمر بالنسبة لإشعاع الفوتوسفير ، مما يدل على أن حرارتها أقل من حرارة الفوتوسفير بحوالي ١٥٠٠ درجة . وتتكون البقعة الكاملة النمو من شكل بيضاوي قاتم يسمى الظل Umbra، محاط بمنطقة أقل قتامة تسمى شبه الظل Penumbra . وتشغل البقعة المتوسطة مسافة ٣٥٠ جزءا من المليون من نصف قطر الشمس المرئي . أما قطر الظل حوالي ١٧٥٠٠ كم وشبه الظل ٣٧٠٠٠ كم . وأكبر بعد وصلت إليه بقعة شمسية هو ١٠٠٠٠٠ كم . من ناحية بقائها على قرص الشمس فإن أقل البقع عمرا يمكن أن تمكث يومين فقط ، أما أطولها عمرا فتمكث ١٠٠ يوم تقريبا .

تبلغ نسبة إشعاع البقعة إلى الفوتوسفير ٠,٣ . أما نسبة إشعاع شبه الظل إلى إشعاع الفوتوسفير ,٨. وتتغير العلاقة " ظل البقعة - الفونوسفير المحيط " تبعا للطول الموجي . فهي تساوي ٠,١٥ في المنطقة فوق البنفسجية من الطيف . وتتراوح بين ٠,٣ و ٠,٤ في المنطقة تحت الحمراء القريبة . وتظل هذه علاقة ثابتة عند انتقال البقعة من مركز قرص الشمس إلى حافتها . ولو أن البقعة تكون على عمق أكبر في مركز الشمس عنه عند الحافة . وتسمى هذه العلاقة بقانون التعتم وهو الذي يفسر التناقص الحراري عند الإزاحة من الأعماق إلى سطح طبقات الغلاف الجوي الشمسي .



ولا يكون ظل البقع الشمسية الكبيرة متجانسا ، حيث ينقسم أحيانا إلى عدة أجزاء منفصلة . وفي أحسن الظروف الجوية لالتقاط الصور الفوتوغرافية قد يلاحظ وجود حبيبات شمسية يصل بعدها إلى ٣٠٠ كم ، وهي تعتبر كبيرة بالنسبة لمثيلاتها على طبقة الفوتوسفير ، أما عمرها الزمني فقد يصل إلى ٣٠ دقيقة .

يسبق تكوين البقعة الشمسية نشوء ملمح صغير يعرف باسم "سُمّ Pore" (جمعها مَسَامّ ) . تصل شدة المجال المغناطيسي فيها إلى ١٠٠٠ أوريستد ، بينما تصل شدة المجال المغناطيسي في منطقة ظل البقع الكبيرة إلى ٣٠٠٠ أو ٤٠٠٠ أوريستد وهناك قانون وضعي يقرر أن شدة مجال البقعة يساوي الجذر التربيعي لقطرها بالكيلومترات . ومجالات البقع غير متجانسة ، ويمكن أن تنقسم إلى جدائل منفصلة يدل عليها التحركات المعقدة للغازات في الأكليل الشمسي فوق مناطق البقع .

وتتواجد البقع الشمسية داخل مجموعات موزعة على سطح الشمس بين خطي عرض - ٤٠ و +٤٠ ومن النادر أن تتواجد في مواقع أكبر عرضا من ذلك وتتميز المجموعات في معظم الحالات بوجود بقعتين رئيسيتين في كل مجموعة ، أحدهما تسمي السابقة Leader والأخرى تسمي اللاحقة Follower ويتناثر بينهما قنطرة من البقع الشمسية الصغيرة . وقد جرت عدة محاولات لتصنيف هذه المجموعات أهمها تصنيف " فالدماير " ، حيث رمز للمجموعات بالرموز A, B, C, D, E, F, G, H, J ويمثل الرمز A أقل هذه البقع حجما والرمز F, E أكبرها وأكثرها تعقيدا .

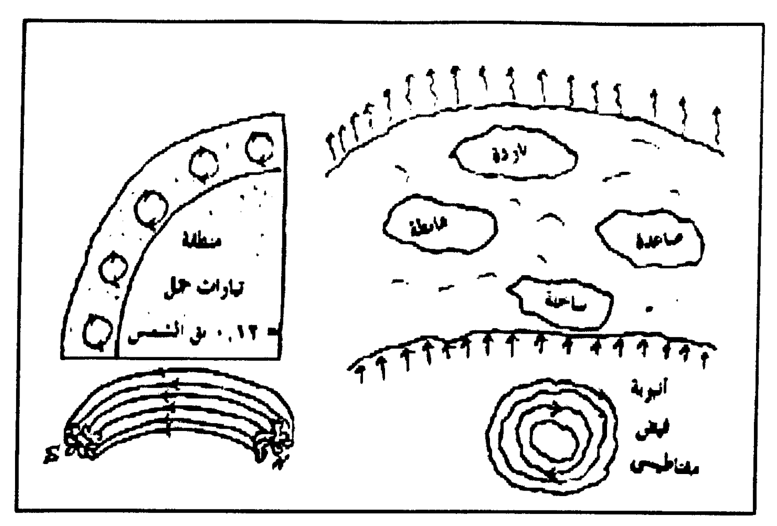
A
B
C
D
E
F
G
H
J

0° 10° 20° 30°

شكل (٢)

مجموعات البقع الشمسية تبعا لتصنيف فالدماير

ومعظم المشتغلين بالفيزياء الفلكية يظنون أن أصل البقع الشمسية راجع إلى تيارات الحمل في منطقة الدوامات الشمسية ، وتمثلها طبقة تحت الفوتوسفير ، وتشغل ١٢٪ من نصف قطر الشمس . وفي منطقة الحمل تنتقل الحرارة عن طريق تيارات الحمل . وهي تشبه التيارات الحملية التي تحدث عند غليان الماء . فالماء الأقرب إلى اللهب به حرارة أكثر . وتفيض هذه الحرارة إلى أعلى حيث المناطق الأبرد عن طريق التمدد والارتفاع ، حاملة معها هذه الحرارة الفائضة لتكسبها للطبقات المحيطة . ويقل حجمها وتزداد كثافتها ، فتهبط مرة أخرى تجاه القاع . والحبيبات الشمسية هي خير دليل على هذه الدورة الفقاعية في الشمس ، فآلاف من الحبيبات تقع على مستوى الكرة الضوئية.




شكل (٣)

تيارات الحمل التي تؤدي إلى انتقال الحرارة داخل جسم الشمس .

وفي منطقة تيارات الحمل تعاني الذرات من نقص إلكترون أو أكثر . لذلك نجد أن هناك تيارا من هذه الإلكترونات يسبب ، كما تقول نظريات الفيزياء ، تيارا كهربيا ، يصنع بدورة مجالا مغناطيسيا عموديا على اتجاه التيار . ويتكون المجال المغناطيسي من خطوط قوى مغناطيسية تسمى خطوط الفيض ، وهي مجموعة من الالتفافات بلا نهاية حول نفسها ، مكونة ما يعرف باسم أنبوبة فيض ( كما في شكل ٣) وقد تسمى الوعاء المغناطيسي Magnetic Bottle . وتلعب خطوط الفيض دور الجدران كما في حالة الوعاء العادي . وتحتوي هذه الأوعية على ما يعرف باسم البلازما (وهي عبارة عن غازات عالية التأين ، ومن خواصها أنها جيدة التوصيل) . والمادة الشمسية التي في مناطق الحمل عبارة عن بلازما .

وتتكون هذه الأوعية المغناطيسية أسفل طبقة الفوتوسفير بواسطة إلكترونات متحركة في تجمعات الدورة الحملية . وقد تتكون أسفل من ذلك ، ولكنها يجب أن ترتفع مرة أخرى قريبا من سطح الفوتوسفير ، إذا كانت الظروف عادية . أما إذا ارتفعت هذه الأوعية المغناطيسية إلى أعلى الفوتوسفير فأنها تتكسر على السطح المرئي للشمس في موقعين تظهر فيهما بقعة شمسية ثنائية القطب . والملاحظ أن هذه البقع أقل حرارة من سطح الشمس بما يزيد على ١٥٠٠ درجة مطلقة . ويمكن تخيل ذلك إذا تمثلنا حال الوعاء المغناطيسي الذي يحوي بلازما في داخله ، فندرك أن حركة البلازما تعتمد على قوة المجال المغناطيسي . فإذا كان المجال قويا ، فإن البلازما تتحرك بصعوبة أكثر في داخله ، وبالتالي تتضغط الفقاعات الحملية داخل الوعاء .

وتبين التجارب المعملية أن الوعاء المغناطيسي يستطيع أن يحتوي على فقاعات أكثر ويحولها إلى طاقة . وفي حالة الشمس يكون المجال المغناطيسي لمنطقة الظل في البقعة حوالي ٤٠٠٠ جاوس . وهذا المجال القوي هو المسئول عن ثني الكتل البلازمية المجاورة والمحبوسة داخل خطوط القوى المغناطيسية . أما عن شبه الظل في البقع فيبدو على هيئة الفتائل في تركيبه . والمجال المجمد داخل البلازما يجعل الخلايا الفقاعية تترتب على طول أفق خطوط القوى المغناطيسية ، وهي نفس الطريقة التي تترتب بها برادة الحديد تحت تأثير قطب مغناطيسي عادي .

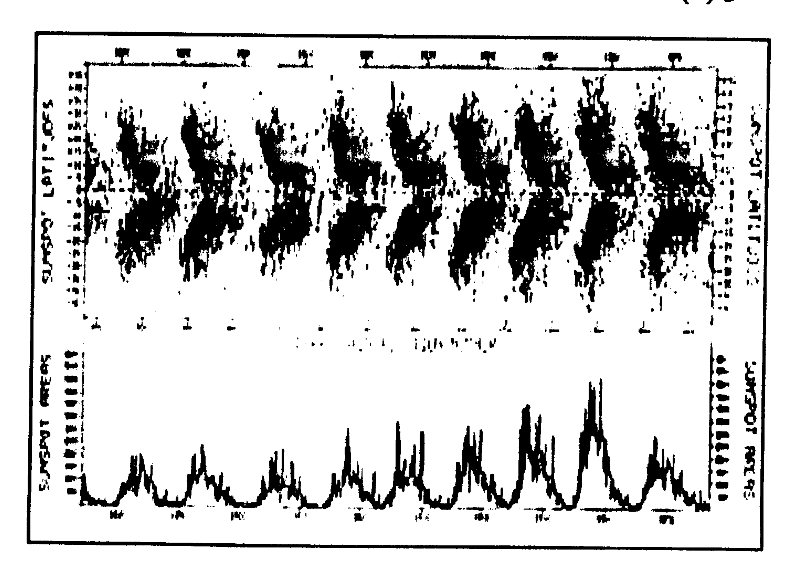
وخارج حدود شبه الظل ، يستطيع الراصد أن يرى بقعا لامعة نسبيا ، وهي المعروفة باسم المشاعل Faculae والشعيلات الفوتوسفيرية عند رصدها في الضوء العادي . ويفضل بعض الفيزوفلكيين تسميتها الصياخد



أو السبائخ Plages وهي المسببة للاضطرابات المغناطيسية الشمسية . وتبين كل النماذج المغناطيسية أن الصياخد لها مجال مغناطيسي في حدود ١٠ جاوس ، أي ١٠ مرات قدر المجال المغناطيسي الشمسي العام .

ويستطيع الفلكيون دراسة البقع الشمسية لتعيين القطبية المغناطيسية، أو إتجاه خطوط القوى المغناطيسية . والمعروف أن البقع تقع في مجموعات غير معزولة عن بعضها، ولكنها تتجاوب مع بعضها بطريقة معقدة . وأبسط الحالات هي البقعة ثنائية القطب ، التي تتكون من مركبتين متضادتين في القطب ، داخل وعاء مغناطيسي يربط بينهما ، يخرج من واحد ليدخل في الآخر . وتتكون المجموعة في هذه الحالة من بقعتين ، أحدهما القائدة Leader، الأخرى التابعة Follower (أو السابقة واللاحقة ) . وغالبا ما تكون الأولى أقرب إلى خط الاستواء وأكبر من الثانية . وفي الدورة الحادية والعشرين من دورات النشاط الشمسي ( لدورة السابقة ١٩٧٤ - ١٩٨٥) وجدنا أن البقع القائدة (السابقة) ذات قطبية شمالية ، والتابعة (اللاحقة) ذات قطبية جنوبية ، وذلك في النصف الشمالي ، أما في النصف الجنوبي فقد كانت قطبية البقع على عكس هذا . ويفضل البعض أن يرمز للقطبية بالرمز (+) في حالة القطبية الشمالية والرموز (-) في حالة القطبية الجنوبية . وتدل قطبية البقع الشمسية على حقيقة الدورة الشمسية - رغم أن الظاهر فيها أنها تتغير من نهاية صغرى إلى نهاية عظمى ثم إلى نهاية صغرى مرة أخرى في إحدى عشر عاما . إلا أن التقاطب يتغير كل ٢٢ سنة لتعود القطبية الأصلية مرة أخرى . وتسمى هذه الدورة بدورة الاثنين وعشرين عاما المغناطيسية .

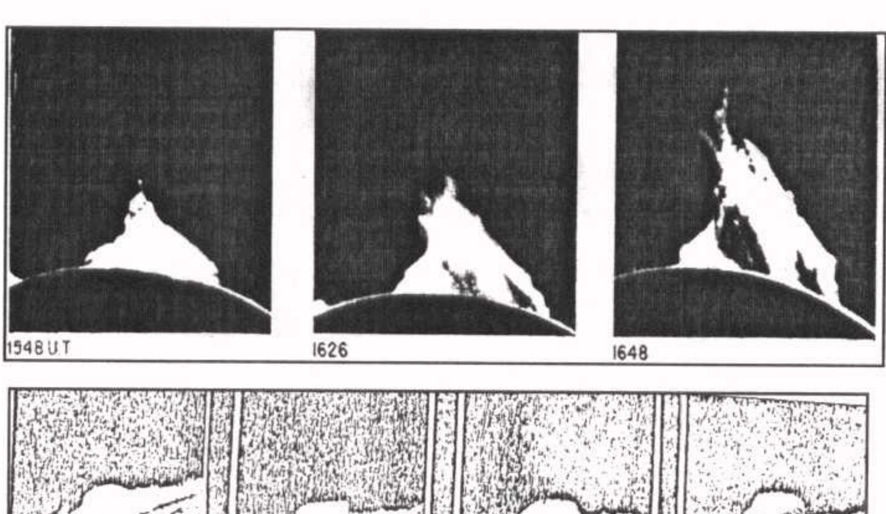
ورغم ما عرف حتى الآن عن البقع الشمسية إلا أن الكثير من سلوكياتها الظاهرة مازال لغزا مبهما .وعلى سبيل المثال لا الحصر ، أن بعض البقع الصغيرة تنمو وتستفحل ، في حين يضمحل البعض الآخر ويختفي . وهناك تساؤل عن ماهية القوى التي تدفع البقع تجاه خط الإستواء ، حيث يبدأ ظهور البقع عند خطي عرض ± ٣٥ تقريبا في بداية الدورة الشمسية لتقترب البقع من خط الإستواء في نهاية الدورة الشمسية، بما يعرف باسم " مخطط الفراشة " أو " مخطط موندر الإيضاحي " نسبة إلى الآنسة موندر التي أنشأته بناء على العلاقة بين خطوط عرض مواقع البقع الشمسية وزمن حدوثها على مدى الدورات الشمسية المختلفة كما في شكل (٤) .

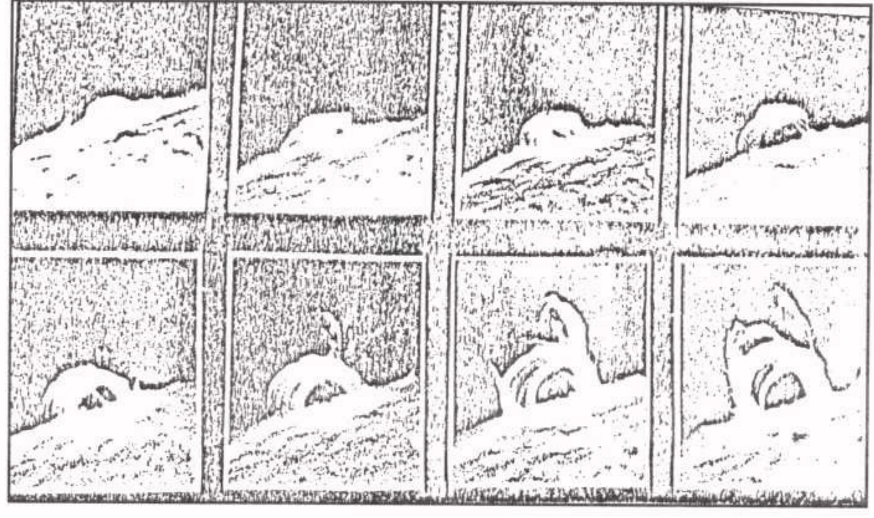


شكل (٤)

مخطط الفراشة أو " مخطط مس موندر "

وسؤال أخر عن : كيف تحتفظ البقع الشمسية بحرارتها قليلا عما حولها ومعزولة عنها ؟ وهي التي في حاجة إلى ما يقرب من ثلاثة أيام كي تتمكن من امتصاص حرارة المنطقة من الوسط الذي حولها ليتم التوازن الحراري مع الفوتوسفير المحيط . والغريب أن بعض البقع تستمر في التواجد عدة شهور ... فكيف يتم ذلك ؟... كلها أسئلة تجر إجابات عن أسئلة أخرى . وهذا هو شأن البحث عن مكونات الكون المجهول .



شكل (٥)
يبين تطور أحد ألسنة اللهب منذ أن بدأ نتوءا علي سطح الشمس إلي أن صار قوسا كبيرا ممتدا لآلاف الكيلو مترات

## ألسنة اللهب الشمسية Prominances

تعتبر ألسنة اللهب الشمسية من أكثر أنواع الظواهر الشمسية وضوحا ونشاطا بالنسبة للهالة الشمسية وأكثرها ضخامة في الغلاف الجوي الشمسي . وألسنة اللهب القياسية تبدو في صورة لمعان هائل على خلفية من الغلاف الجوي الشمسي ، ويمكن أن تبلغ في الارتفاع مسافة تتراوح بين ١٠٥.. كم . أحيانا عشرات الآلاف من الكيلومترات . وألسنة اللهب المتفجرة eruptiveقد تبلغ ارتفاعا يعادل نصف قطر الشمس ، أي ما يقرب من ٧.. ألف كيلومتر .

وعند النظر إلى ألسنة اللهب عموديا على قرص الشمس ، فإنها تظهر في الأطوال الموجية للهيدروجين والكالسيوم المتأين على هيئة فتائل داكنة متناثرة على خلفية أكثر لمعانا من الكروموسفير ، بطول قد يصل إلى ٢.. ألف كم ، وتسمى في هذه الحالة بالفتائل . Filamentsولكن أكثر تراكيب ألسنة اللهب وضوحا هي تلك التي نراها على حافة الشمس . ويمكن أن ترى ألسنة اللهب بالعين المجردة وقت الكسوف الكلي . ويمكن رؤيتها في غير وقت الكسوف الكلي باستخدام الجهاز المعروف باسم الكرونوجراف . وأكثر ألسنة اللهب ثباتا هي المعروفة باسم ألسنة اللهب المتهادية Quiescent ، حيث تغير شكلها ببطء شديد خلال عدة شهور . ويمكن أن تظهر ألسنة اللهب إلى جوار مجموعات البقع الشمسية المتطورة التي تبلغ من العمر شهرا أو يزيد . وتظهر الفتائل على حدود الشعيلات الشمسية . وعلى مدى عشر دورات شمسية ، يصل المعدل الزمني لوصول الفتيل إلى المنطقة القطبية خلال خمسة شهور .

والنوع الأخر من ألسنة اللهب الذي يمكن أن نلقاه هو ما يعرف باسم "ألسنة اللهب النشطة" Active Prominences وهي عبارة عن الفتائل

والتيارات الغازية الضخمة المتطايرة . ومعظم ألسنة اللهب الهادئة تمر في مراحلها بفترات نشطة تتراوح بين عشر دقائق وعدة أيام . وقد تتحول إلى النوع الإنفجاري Eruptive الذي يلقي بمادته إلى داخل الهالة الشمسية بسرعة تصل إلى مئات الكيلومترات في الثانية الواحدة .

وعند دراسة ألسنة اللهب طيفيا ، نتبين خطوط انبعاث الهيدروجين والهليوم والكالسيوم المتأينة إلى جانب خطوط المعادن الأخرى . وعن طريق سمك هذه الخطوط وشدتها نستنتج أن درجة حرارة ألسنة اللهب تصل إلى ٦ أو ٨ آلاف درجة مئوية ، ويعادل الضغط الغازي فيها ضغط الغاز في الهالة الشمسية .

تعتبر ألسنة اللهب الشمسية سحابات غازية في جو الشمس العلوي ممتدة إلى الهالة الشمسية الداخلية . وهي ذات كثافة أعلى وحرارة أقل من الوسط المحيط بها ، وترى فقط في الخطوط الطيفية القوية لفرنهوفر.

ويزداد عدد ألسنة اللهب بعد النهاية الصغرى لدورة النشاط الشمسي بعدة سنوات ، عندما يكون متوسط خط العرض الذي تحدث عنده ٥٠× درجة ، ثم يتزايد خط عرضها حتى يصل إلى المناطق القطبية بعد النهاية العظمى لدورة النشاط الشمسي .

أما ألسنة اللهب النشطة فلها عدة أنواع مميزة منها : المستقطعة Surges والنافورة Spray وهما تنفذان في الهالة الداخلية . ثم الألسنة القوسية Loop وأمطار الهالة الشمسية التي يحدث فيها عكس ذلك .

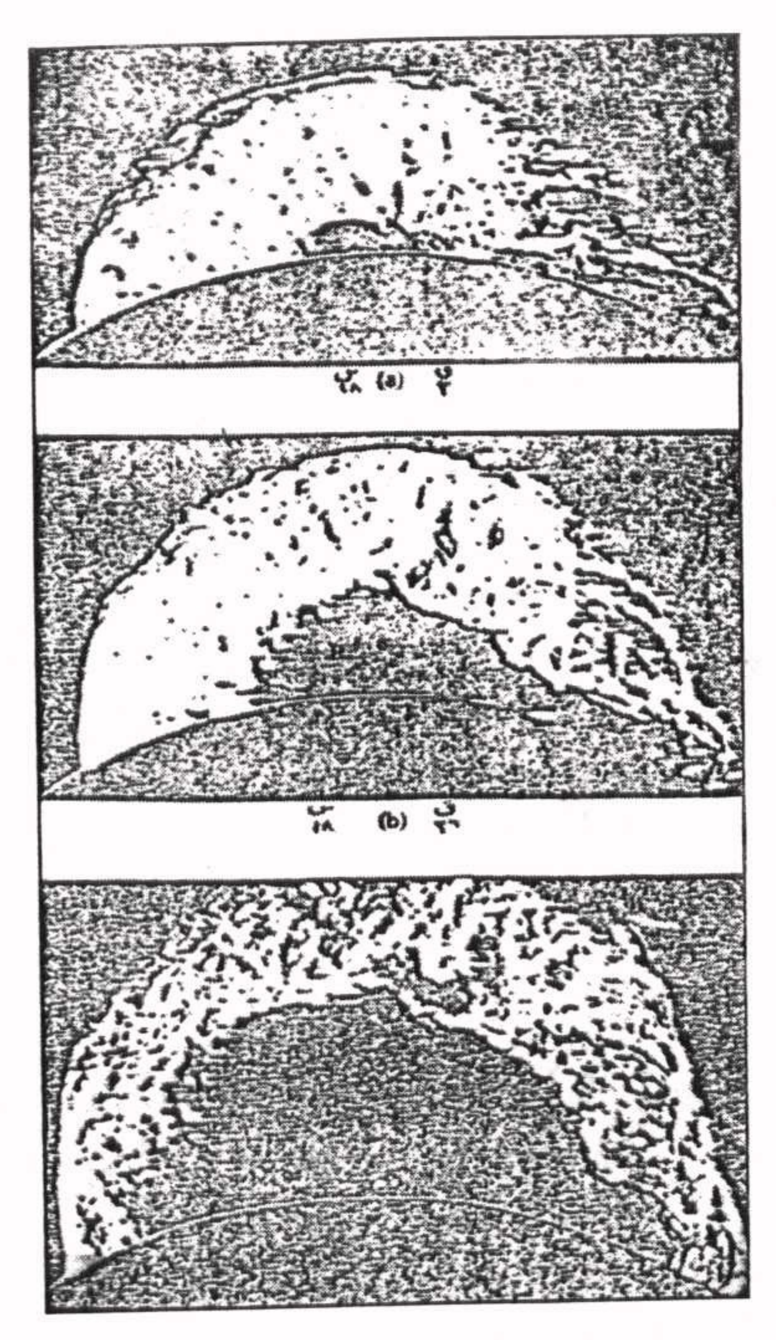
والألسنة القوسية تحدث بصورة غير متكررة ، وهي غالبا ما تصاحب الومض الشمسي ، بينما تمثل أمطار الهالة عودة مادة الومضات المقذوفة . وفي المناطق النشطة المتطورة غالبا ما توجد القوسية ، وهي تميل لربط مناطق ذات قطبية مغناطيسية منعكسة على طول خط الانعكاس ، وتصعد بالتدرج ثم تهبط على طول جانبي القوس .

وتعتبر مناطق الفتائل النشطة متوسطة بين ألسنة اللهب الهادئة والنشطة ، وتقع على طول خط انعكاس القطبية في منطقة كاملة النشاط. وتعتبر ألسنة اللهب عموما في درجة حرارة الهالة .

## الومض الشمسي :

يربط معظم العلماء بين ازدياد النشاط الشمسي وظاهرة الومض الشمسي . وربما كان الهدف من بعثة الشمس العظمى Solar Maximum Mission (SMM)التي أطلقتها وكالة ناسا إلى الشمس هو دراسة نشاط الومض الشمسي . ويقع الومض الشمسي في تلك المناطق المسماة بالمناطق النشطة Active Regions والتي غالبا ما تصاحب ببقع شمسية ، حيث تكمن فيها مجالات مغناطيسية أكثر ألف مرة في شدتها من شدة المجال المغناطيسي الأرضي . وتحدث الومضة أثناء تفتق هذه المجالات الشديدة ، حينما تتحول الطاقة المغناطيسية بسرعة إلى صورة أخرى من صور الطاقة.





شكل (٦) أقواس ألسنة اللهب التي حدثت يوم ٤ يونية ١٩٤٦

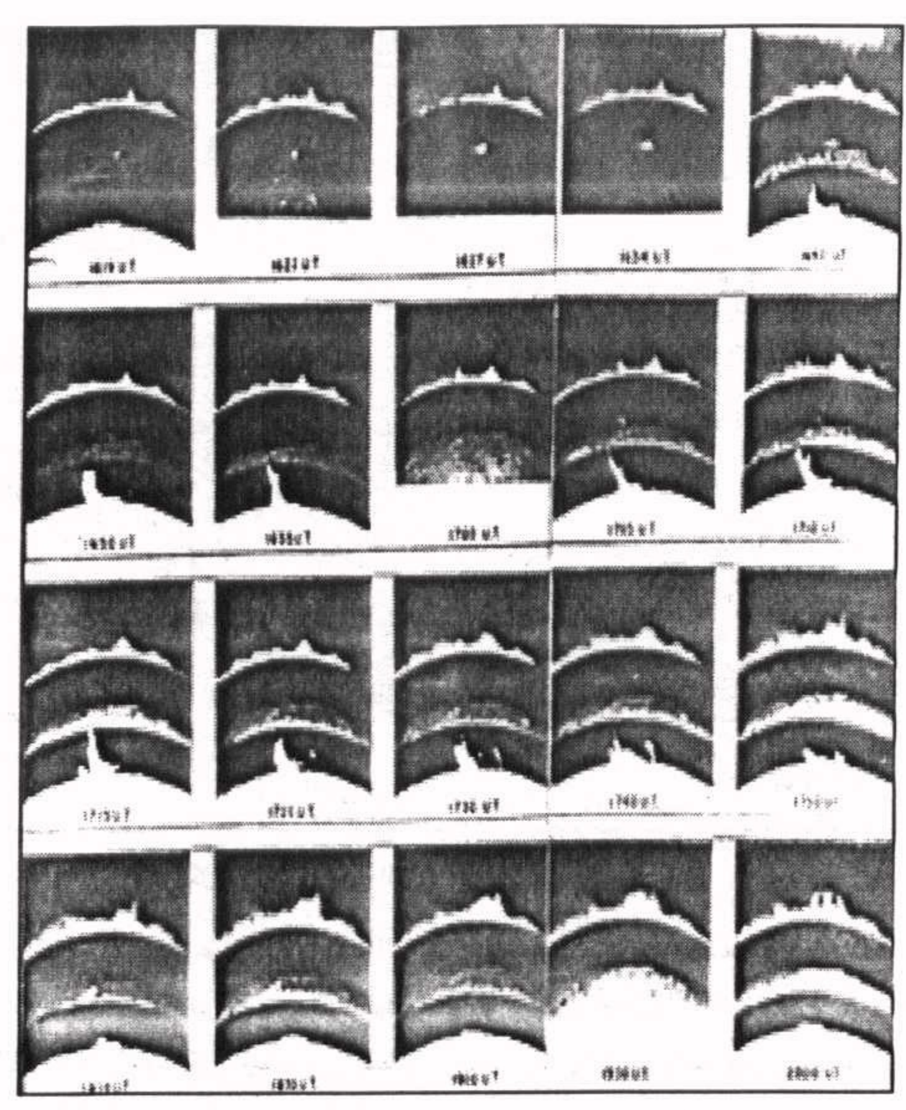
ويمكننا أن نتخيل الطاقة المنطلقة من الومضة الواحدة إذا تخيلنا أن هناك قطعة من المطاط المقوى تمثل المجال المغناطيسي داخل البقعة ، وحينما تدور الشمس حول نفسها بسرعة كبيرة ، فإنها تقوم بلف الطرف السائب بشدة تبلغ القطعة المطاطية أقصى درجة التفاف . وهنا يتفلت الطرف المثبت بقوة نتيجة لشدة توتره . وهذا الانفلات يحدث فرقعة شديدة . يمثل ذلك انطلاقة كبيرة من الطاقة تظهر في صورة ومضية . ويحدث بعدها استرخاء في المجال المغناطيسي الشمسي ، أو بلغة الفيزياء يستقر المجال المغناطيسي في مستوى طاقي أدنى .

وتنطلق طاقة الومض الشمسي بسرعة وبحدة . وقد تعادل الطاقة المنطلقة من ومضة كبيرة الطاقة التي تستهلكها أكبر القارات على سطح الأرض عاما كاملا . وقد تأخذ هذه الطاقة شكل جسيمات تحت ذرية Subatomic أو على شكل إشعاعات . وقد تأخذ صورة حركة جامحة لكميات كبيرة من المادة على هيئة عدد هائل من الجسيمات تحت الذرية التي تكون الإلكترونات والبروتونات الغالبية العظمي فيها ، حيث تتعجل عند تفتق الومضات بشدة تجعلها تندفع بعيدا عن الشمس ، لتفقد في الفضاء بين الكوكبي . Interplanetary

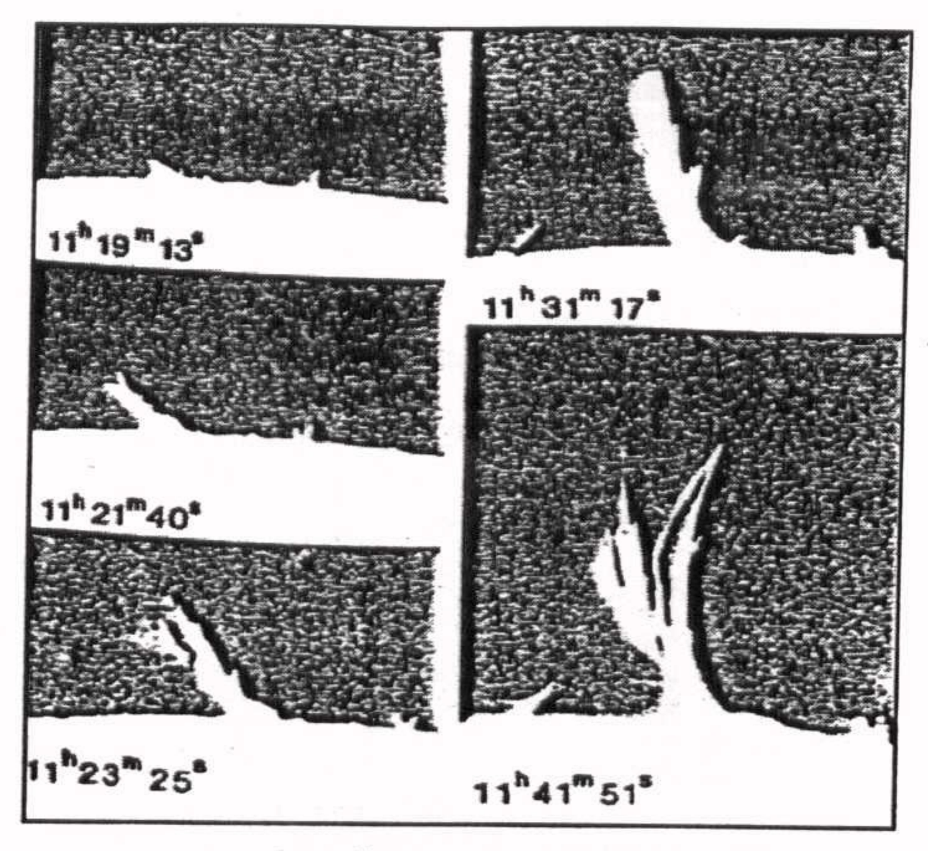
ويصاحب الومض الشمسي ظاهرة ثانوية تعرف باسم الموجات الضارية Shock Waves فتقوم بدفع الجسيمات المادية إلى الفراغ بين الكوكبي . ومثلما يفعل الزبد الذي يركب الموجه ليصل إلى الشاطئ تفعل الإلكترونات والبروتونات ، حيث تركب متن الموجات الضارية المتطاولة لتخترق خلال الغلاف الجوي الشمسي إلى خارج الفضاء بين الكوكبي .

وطاقة الجسيمات المنطلقة من الومضات غاية في الضخامة ، وهي تعادل الطاقة التي تكتسبها جسيمات تم تعجيلها في مجال كهربي ذي فرق جهد قدرة مليون فولت ، حيث تكتسب هذه الجسيمات سرعة أقل قليلا من سرعة الضوء .





شكل (٧) - ألسنة اللهب التي حـدثت في ٢٤ أكـتـوبر ١٩٥٧ . وتبين اللقطات تغيرات الهالة الشمسية . وتبين الأجزاء العليا لكل صورة تركيب خط الهالة الأخضر كما صورها مرشح وحيد اللون (٥٩٠٣ Å) المتصل بالكرونوجراف (المكلال) أما الأجزاء السفلى في كل صورة فهي لقطتان لقرص الشمس في غير ميعاد الكسوف باستخدام مرشح H? (6563 أنجشتروم) يرى ومضات إلى الحافة في الصور العليا.




شكل (٨) - ألسنة اللهب في ٣ أغسطس ١٩٨١

وهي تعادل طاقة الأشعة الكونية الآتية من الفراغ البعيد . وهذه الطاقة المنطلقة من الومضات سهلة القياس . فهي تحدث أثارا ملحوظة في المادة التي تميز كل طبقة من طبقات الشمس ، وتظهر واضحة في طيف هذه الطبقات . ويؤدي حدوث الومض الشمسي كذلك إلى تسخين البلازما ( المادة حين لا ترتبط فيها الجسيمات الأولية مثل الإلكترونات والبروتونات بالذرة ، وكل جسيم يسبح على هواه وتعرف البلازما باسم الصورة الرابعة للمادة ) وربما تصل البلازما في حيز ضيق إلى درجة عالية قد تبلغ مائة مليون . والبلازما الساخنة تصدر أشعة أكس الصلبة ، أو ذات الطاقة العالية . Hard x - Ray أما أشعة أكس الرخوة أو اللينة Soft x - Ray ذات

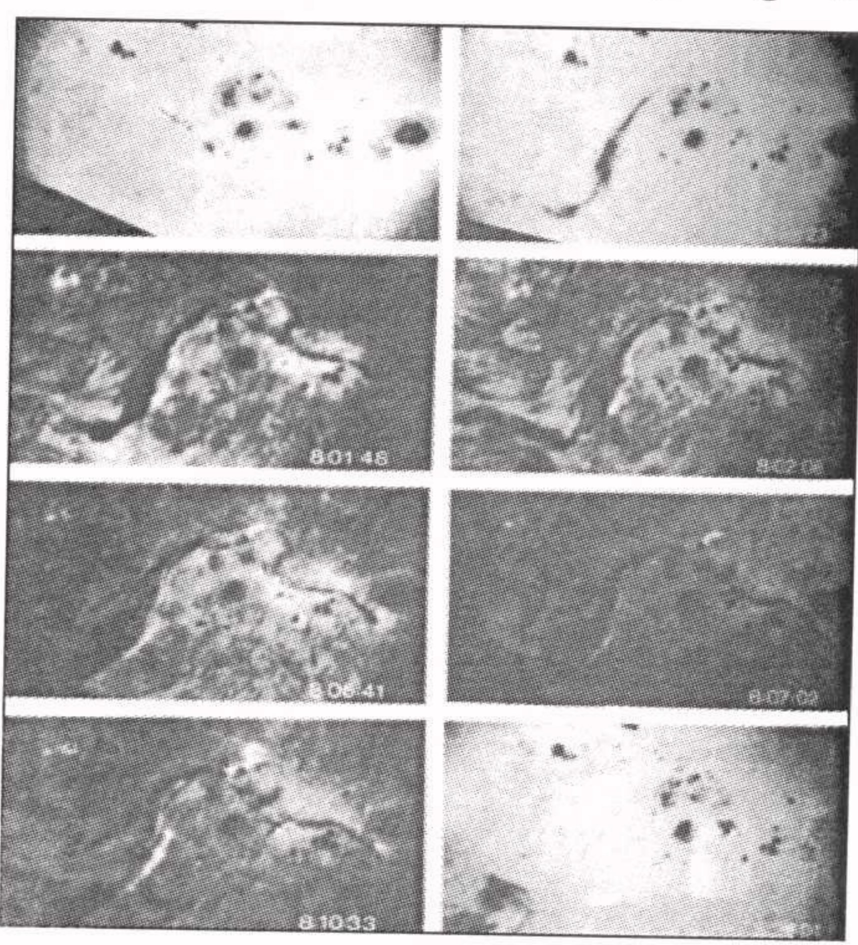


الطاقة التي تبلغ ألف إلكترون فولت ، فمبعثها البلازما الباردة التي تصل درجة حرارتها إلى ما يقرب من مليون درجة .

وتأتي أشعة جاما وإكس من عناصر الكربون والأكسجين والسيليكون والعناصر الأخرى التي تكون ١ ٪ من مادة الشمس . ومن دراسة أشعة أكس يمكن معرفة حجم ودرجة حرارة البلازما ، وكذا معدل تسخينها في الشمس . وهذه التأثيرات الخاصة بأشعة أكس يمكن أن نشعر بها نحن سكان الأرض على سطحها أو قريبا منه . حينما تحدث الومضات ، تصل إلينا أشعة أكس وجاما ، فتحدث بعض الاضطرابات في الاتصالات اللاسلكية ، وتسبب كذلك حدوث ما يعرف باسم الوهج القطبي Aurorae في خطوط العرض العليا من سطح الأرض . وفي بعض الحالات تؤثر هذه الإشعاعات على التوزيع المحلي للقوى الكهربية ومن هذا المنطلق كانت بعثة الشمس العظمي SMM التي انطلقت في المختبر الفضائي سكاي لاب Sky Lab . ولقد كان هناك هدف آخر لهذه البعثة ، وهو تحديد مواقع هذه الومضات والقيام بتصويرها فوتوغرافيا في مناطق الطيف المختلفة . وحيث أن كل طبقة من طبقات الشمس تقوم بإشعاع أطوال موجية خاصة بها ،فإن ذلك يساعدنا على تحديد نوع الطبقة المسئولة عن إصدار هذه الومضات .

وفهمنا الحالي للومض الشمسي يدفعنا للاعتقاد بأن الومض الشمسي يأتي من انطلاق الطاقة في الإكليل الشمسي أو الهالة الشمسية . ولهذا يبدو أثر هذه الومضات واضحا في الطبقات القريبة ،مثل الإكليل والكروموسفير والطبقات الفاصلة بينهما . ولا تظهر الومضات إلا من خلال مرشحات ألفا الهيدروجينية ، ونادرا ما نرى ما يعرف باسم الومضات البيضاء White Flares في الضوء العادي ، وإذا حدث الومض

على كافة الشمس فإننا نستطيع رؤية البروفيل الخاص به على شكل كري بارز من الكرة المضيئة الشمسية ، والذي يشبه الكوبري الناتج من خطوط القوى المغناطيسية الواصلة بين منطقتين مغناطيسيتين مختلفتي القطب على سطح الشمس .




شكل (٩) - صورة لسطح الشمس بما فيه من ظواهر دقيقة

على مدى ساعة تقريبا في ١٦ مايو ١٩٨١

هذه بعض الملامح لأحد من أهم الظواهر التي تحدث على سطح الشمس ويصل أثرها على الأرض .ورغم أن الشمس كواحدة من تريليون نجم ، هي أقرب النجوم إلينا ، إلا أن هناك ما يقرب من هذا العدد من المشاكل على سطحها في حاجة إلى حل فيصل ، يلزمه مجهودات مادية وبشرية هائلة تساهم فيه الدول الكبرى بالقسط الأكبر بمساعدة منها في الاستفادة بتلك القوة الهائلة التي تشعها الشمس لصالح الإنسانية جمعاء .

## الومض الشمسي وتأثيره على الكرة الأرضية

ومض الشمس من الحوادث الدراماتيكية التي تقع على سطح الشمس. عند حدوث ارتفاع مفاجئ في لمعان المناطق الضيقة المتاخمة للبقع الشمسية ، وأحيانا بعيدا عنها تصبح هذه المناطق شديدة السخونة والتهيج. ففي أثناء نشوء مراكز النشاط ، تحدث الحالة التي يمكن أن ينمو فيها المجال المغناطيسي سريعا . وتسبب نشأة هذا المجال حركة معقدة للغازات المتأينة المصحوبة بتوهج هذا الغاز عن طريق تعجيل جزيئاته .

تحدث الومضات الضعيفة عدة مرات في اليوم ، أما الومضات القوية فهي ظاهرة نادرة الحدوث ، وتبدو على هيئة ازدياد مفاجي في لمعان خط الهيدروجين الكروموسفيري إلى عشرات المرات ، لذلك يرصد الومض عادة باستخدام مرشح أ لفا الهيدورجيني .?Hوقد تشغل هذه الزيادة اللمعانية مساحة كبيرة ، تصل في بعض الأحيان إلى جزء من الألف من السطح المرئي للشمس . وتتأجج الشبكة الليفية للومض الشمسي في مدى زمني يتراوح بين ساعة أوساعتين . وينشأ ازدياد لمعان الكروموسفير نتيجة نفاذ الإلكترونات السريعة فيه وتأين الجزء العلوي منه .

وتنطلق الجسيمات النشطة من الومض الشمسي محملة بطاقة عالية جدا ، متجهة صوب الأرض ، وتصطدم بطبقة الأيونوسفير المسئولة عن انعكاسات الموجات اللاسلكية التي يرسلها الإنسان من مكان ما على سطح الأرض إلى مكان آخر . ويتسبب هذا التصادم في تهدم هذه الموجات . ونشعر بهذا التهدم في صورة مؤثرة في أجهزة الراديو واللاسلكي . كذلك نشعر به في البوصلة المغناطيسية في شكل انحرافات طائشة عن اتجاه الشمال.

وكذلك ينطلق من الومض الشمس أشعة فوق بنفسجية ( فوسجية ، من خصائصها أن تحرق كل ما تجده في طريقها . ولكن فضل الله على الإنسان كبير ، حيث شاءت قدرته أن يبث في طبقات الغلاف الجوي طبقة الأوزون التي تقوم بامتصاص هذه الأشعة فوق البنفسجية . فإذا كان الله قد قضى بأن تكون هذه الأشعة من أخطر مصادر التهديد لحياة المخلوقات على سطح الكرة الأرضية فقد لطف في قضائه بوجود هذه الطبقة الأوزونية ، التي تقوم بدور الدرع الواقي لحياة بني البشر وسائر المخلوقات.

لقد أطلقت وكالة الفضاء الأمريكية ناسا قمرا صناعيا تنحصر أغراضه في رصد الومض الشمسي بغرض فهم الظواهر المميزة التي تقع على سطح الشمس ، وتأثيرها على الحياة فوق سطح الأرض . ويبعد مدار هذا القمر ٥٧٤ كم عن الأرض ، أطلق في ١٤ فبراير ١٩٨٠ . وقد اختير هذا الوقت بالذات ليكون القمر الصناعي الشمسي Solar Sattelite مواكبا لأحداث النهاية العظمي للنشاط الشمسي حيث قمة دورة الإحدى عشر عاما الشمسية ، ويركز القمر اهتمامه على الومض الشمسي .

وتحدث الومضات على ارتفاع ٨٠٠٠ كم من سطح الشمس في منطقة درجة حرارتها مليونا درجة مئوية . وأشد الومضات قوة تحدث طاقة تعادل ١٠ تريليون ميجا طن من القنابل الهيدروجينية ( التريليون - مليون مليون مليون مليون ) ، وتحدث بطريقة فجائية ، تحصل الأرض منها على النذر اليسير ، لكنه ذو تأثير كبير على كوكبنا . فعند وصول هذا الجزء من الطاقة إلى مجال الأرض المغناطيسي والغلاف الجوي يحدث انقطاع في خطوط توصيل القوى الكهربائية ، وتحدث الهالة القطبية .

وترجع أهمية دراسة الومض الشمسي إلى التقدم في صناعة الصواريخ والأقمار الصناعية ، حيث ترسل الومضات الشمسية تيارات جسمية عالية الطاقة كثافتها مرتفعة قد تعمل على تحطيم الأجهزة الإلكترونية الحساسة التي تحتويها هذه الأقمار والسفن الفضائية ، مما قد ينقص العمر الافتراضي لها .

ويعتقد بعض العلماء أن حدوث مثل هذه الومضات يؤدي إلى خلخلة في طبقات الجو ، مما يتسبب عنه فشل التنبؤات الجوية ، وخروجها على القواعد المألوفة ، وشذوذها عن القوانين المعروف التي تتحكم في مثل هذه التوقعات.

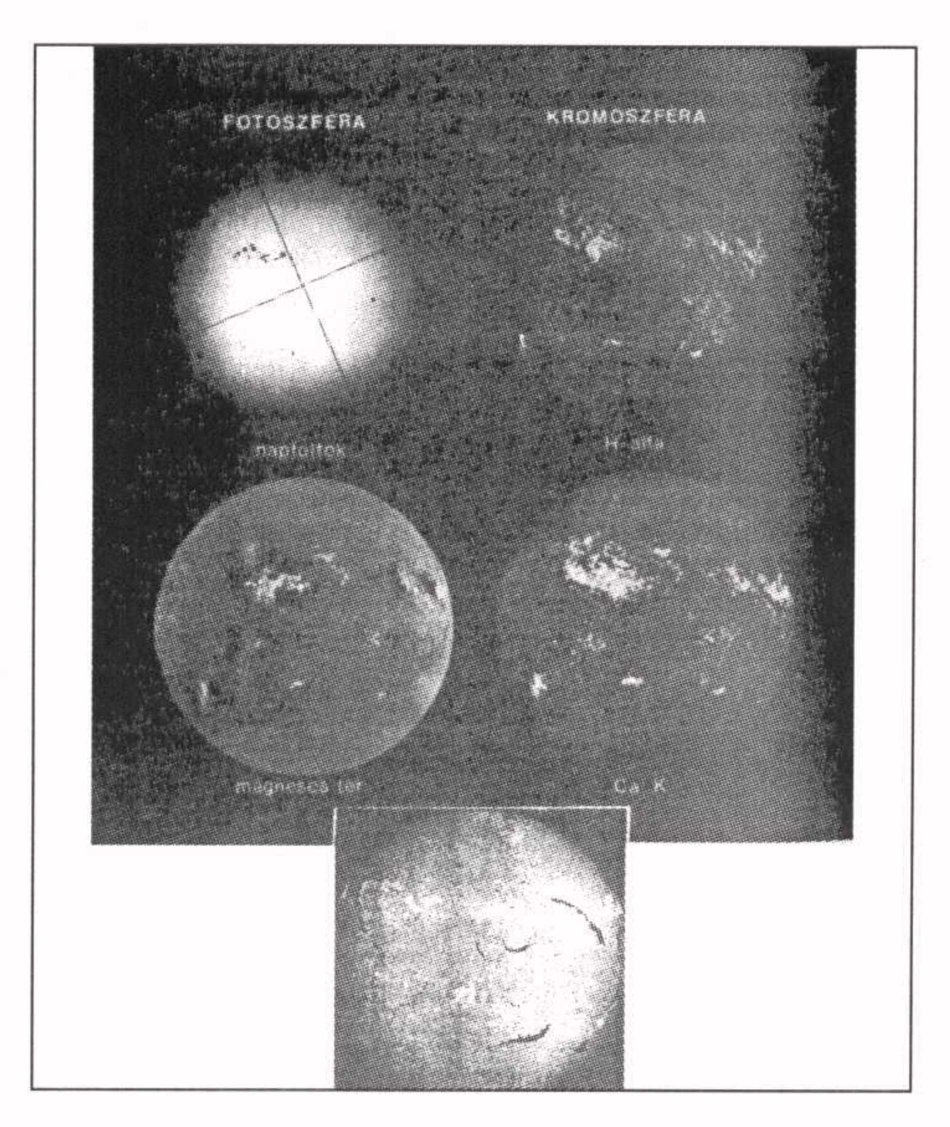
## الفتائل Filaments

الفتائل عبارة عن سحب على شكل أسوار من غاز ذي ارتفاعات تصل في بعض الأحيان إلي نصف مليون كيلومتر ، وعرضها الجانبي يبلغ سبعة آلاف كيلومتر. في حين يصل طول الفتيلة الواحدة إلى ما يقرب من طول قطر الشمس . وتعتبر الفتائل الداكنة أكثر وضوحا في تغير قطبيتها المغناطيسية على سطح الشمس ، وذلك عن طريق قياس حجمها ودرجة اختلافها مع خلفية سطح الشمس .

عندما تظهر الفتائل بالقرب من الحافة نتيجة دوران الشمس ترى كما لو كانت لسان لهب عادي على سماء داكنة . وبالقرب من الحافة ترى الفتائل على شكل أرجل وأقدام موصولة بقرص الشمس ، مبينة الحد السفلي والتركيب القوسي للفتيلة . وحيث أن جزءا من الفتيلة ذو تركيب رأسي ، فإننا نرسم خطوط انعكاس القطبية لمواقع قدم الفتيلة ،متتبعين الجانب المشرشر (علي هيئة مروحة أو محارة) أكثر من الجانب المستوي له.

وتقترن الفتائل بأنماط من التراكيب الخطية الدقيقة جدا تسمي الشعريات التي تصطف بجوار الفتيلة في نمط ذي عناصر فردية موجهة بزاوية صغيرة إلى محور الفتيلة . وهذا النمط يحدث بعد اختفاء الفتيلة شكل (٥) . وأحيانا يسبق ذلك النمط ظهور الفتيلة، ويبلغ المجال المغناطيسي لهذه المنطقة حوالي ٥ جاوس ، حيث تقع بين مجالين مختلفي القطبية .

وتقع الفتائل غالبا بين المساحات المتضادة في قطبيتها ، ماعدا في المواقع التي تتحول فيها الفتائل وتدخل في البقع الشمسية الكبيرة في عملية تستغرق يوما واحدا أو يومين ، ولا يمارس هذا السلوك سوى ١٠ ٪ فقط من الفتائل .



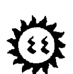

شكل (١٠) - لقطات مختلفة لسطح الشمس التقت في أطوال موجية مختلفة لإظهار ما يتميز يه هذا الجسم من ظواهر مختلفة .الصورة أعلى اليسار في الضوء العادي وأعلى اليمن بمرشح ألفا الهيدروجيني . H? والصورة أسفل اليمن في المرشح الكالسيوم والرابعة باستخدام مرشح الماغنسيوم .

## الحبيبات الشمسية Solar Granulation

الحبيبات الشمسية من الملامح الرئيسية للشمس . وهي تنتشر على جميع خطوط العرض الشمسية . وعند الظروف الجوية الحسنة تلاحظ هذه الحبيبات في صورة نظام شبكي ذات عيون شبه دائرية ، يفصلها عن بعضها البعض مسافات دقيقة أقل لمعانا . وتنتشر هذا الحبيبات لتشمل طبقة الفوتوسفير ، و تتغاير أبعادها ولكنها في المتوسط تبلغ ٧٠٠كم . ويتراوح عمر بقائها ما بين ٥ و ١٠ دقائق . و لا تتغير درجة لمعانها تغيرا ملحوظا ، فالتغير الطفيف في اللمعان يدل على فر ق في درجة الحرارة قد يصل إلى ١٣٠ درجة مئوية .

يمكن رصد الحبيبات ، إما في لحظات الهدوء النسبي للجو أو من البالونات التي تصل إلى ارتفاع يتراوح بين ١٦ و ٢٠ كيلومترا . ويبلغ العدد الكلي للحبيبات على سطح الشمس مليونا حبيبة ، ويزداد قليلا في فترات ذروة النشاط الشمسي . وتصل المساحة السطحية لكل حبيبة في المتوسط ١٠٠٠ كم مربع ، أي ما يعادل مساحة جمهورية مصر العربية .

تستطيل الحبيبات بعض الشيء في المناطق الواقعة بجوار البقع الشمسية مباشرة على امتداد خطوط قوى المجال المغناطيسي للبقعة . وترتبط نشأة الحبيبات بفقاعات حمل الغاز في الطبقة العليا من منطقة الحمل الفقاعية . وتنخفض درجة الحرارة في هذه المنطقة مع ارتفاع استهلاك الطاقة إشعاعيا بما يتيح تقوية الفقاعات ، وعندئذ يحدث انطلاق مباشر للوحدات الساخنة الأكثر انفصالا عن الفوتوسفير مع الوحدات العادية التي يتصاعد منها الغاز في وسط الحبيبة ثم يتجه بعد ذلك إلى حافتها .



وبعيدا عن الظواهر الشمسية الأخرى ، تبدو الشمس خلف غلالة شبكة الحبيبات أشبه بسيدة جملية ناصعة البياض ، تتوارى خلف حجاب " اليشمك " .

## المشاعل الشمسية : Faculae

غالبا ما تحاط البقع الشمسية بمئات من النقاط المتشابكة المعروفة باسم المشاعل الفوتوسفيرية . ويكون عرض مجموعة المشاعل مساويا لمجموع العناصر اللامعة التي تحتويها . ويصل عرضها إلى ما بين ٥٠٠٠ و ١٠٠٠٠ كم ، أما طولها فقد يصل إلى ٥٠٠٠٠ كم . والمشعل عبارة عن تركيبة طويلة الأجل . وغالبا ما يظل على شكله لما يقرب من عام كامل. وقد تصل المساحة الكلية للمشاعل المحيطة بالبقع إلى أربع مرات قدر مساحة البقعة نفسها . وتبلغ قيمة المساحة الكلية للمشاعل قدرا صغيرا في سنوات الحد الأدنى للنشاط الشمسي ، ولكنها يمكن أن تشغل عشر المساحة الكلية لسطح الشمس حينما يكون النشاط الشمسي في ذروته .

ويمكن أن ترى ألياف المشاعل بوضوح بالقرب من حافة الشمس ، حيث تزيد درجة لمعانها عن درجة لمعان الخلفية الفوتوسفيرية بما يقرب من ١٠ ٪ إلى ٢٠ ٪ . وهذه الزيادة في درجة لمعان المشاعل تنم عن ارتفاع في درجة الحرارة يتراوح بين ١٠٠ و ٢٠٠ درجة مئوية عن درجة حرارة الفوتوسفير .

ولا ترى المشاعل حقيقة في وسط قرص الشمس . ومعنى ذلك أن هناك تعادلا بين درجة لمعان المشاعل ودرجة لمعان الفوتوسفير ، و هذا يدل على أن التغير الحراري في المشعل قليل بعض الشيء في طبقة الفوتوسفير عند المركز عنها قريبا من الحافة . والزيادة في لمعان المشاعل التي تشغل مساحة أقل من ١٠ ٪ من مساحة الفوتوسفير ليس لها أي تأثير



ملحوظ على لمعان الشمس عامة ، لأن تعتم البقع عامة يمكن أن يعادل هذه الزيادة .

## المجال المغناطيسي الشمسي

للمجال المغناطيسي الشمسي تأثير كبير على الظواهر التي تحدث على طبقة الفوتوسفير . حيث يسبب إزاحة للمستوى الطاقي للذرات فيما يعرف باسم " تأثير زيمان Zeemann Effect الذي يؤدي إلى ظهور خطين طيفيين أو أكثر ، بدلا من خط واحد ( خط مركب ) . وفي الحالات البسيطة تتناسب المسافة بين مركبات هذا الخط مع شدة المجال المغناطيسي .

وقد بينت الدراسات التي تمت في بداية القرن العشرين على تأثير زيمان ، أن المجال المغناطيسي للبقع الشمسية يتراوح بين ١٥٠٠ و ٣٥٠٠ أوريستد . حيث تنتشر هذه المجالات في مساحات تصل إلى ٣٠٠٠٠ كيلومترا تقريبا .

وتستطيع الأجهزة الحديثة أن تقيس شدة المجال المغناطيسي بدرجة من الدقة تصل إلى أوريستد واحد . كما أنها تستطيع تحديد زاوية ميل متجه شدة المجال المغناطيسي . مما يبين أن المشاعل تشغل مساحات ذات مجال مغناطيسي يتراوح بين ٥ و ٣٠٠ أوريستد . أما ظل البقع الشمسية فيبلغ مجالها قيمة تتراوح بين ١٠٠٠ و ١٥٠٠ أوريستد ، ويتجه ميل المجال عند مركز البقعة إلى أعلى امتداد قطر الشمس ، ولكنه يكون موازيا لسطح الشمس بالقرب من حافة البقعة . ونتيجة التجانس الموجود في المجال تتكون حشود أو جدائل منفصلة . وللمشاعل تركيبات مجالية متشابهة وأكثر تميزا ، حيث تبلغ شدة المجال في ضفيرة المشعل ١٠٠ أوريستد .



ومتوسط المجال المغناطيسي العام للشمس أوريستد واحد فقط . ومن المعتقد أنه مكون من جديلة واحدة ذات شدة قدرها ١٠ أوريستد على حدود قرص للشمس . ويبلغ المجال الشمسي فوق ظل البقعة الشمسية في طبقة الكروموسفير ١٠٠٠ أوريستد وفوق شبه الظل ١٠٠ أوريستد .

ويلعب المجال المغناطيسي الشمسي دورا هاما ، لأن المادة الشمسية تعتبر كلها مادة بلازما مغناطيسية . وفي بعض المناطق الموجودة على سطح الشمس ، ينمو المجال المغناطيسي بسرعة ، فتحدث البقع الشمسية والشعيلات في طبقة الفوتوسفير ، وما يعرف باسم السنيبلات Specules في طبقة الكروموسفير ، و تعرف باسم ألسنة لهب الهالة .

إن مشكلة أصل المجال المغناطيسي الشمسي لم تحل بعد . فمن المحتمل أن تتم نشأة المجال المغناطيسي القوي جدا عن طريق تقوية المجال الضعيف الموجود في تيارات حمل البلازما التي تسحب معها خطوط القوى . ثم تتمدد وتتكاثر خطوط القوى مما ينتج عنه تكوين مجال مغناطيسي قوي حلقي الشكل . ورغم هذا تظل الصورة غير واضحة عن نشأة المجال المغناطيسي الغريق في تيارات حمل البلازما الذي يمكن أن يرتبط بنشأة المجال المرتبط بنشأة الشمس منذ أن تكونت قديما ، أو من عدة عمليات مقترنة بالخصائص الأساسية للبلازما .

## صورة الشمس في الأشعة فوق البنفسجية :

تبدأ الحساسية اللونية لعين الإنسان في الكلالة عند الأطوال الموجبة الواقعة بين ٣٠٠٠ و ٤٠٠٠ انجشتروم ، أي في البنفسجي العميق لألوان قوس قزح الذي يكوّن ما يعرف باسم الطيف المرئي للضوء . وكذلك تتعدم حساسية العين للأطوال الموجية الأطول من اللون الأحمر ، أي أكبر

من ٧٠٠٠ أنجشتروم . ولا غرابة أن يكون اللون البنفسجي العميق هو الحد التقريبي الذي يسمح بمروره الغطاء الهوائي فوق الرءوس ، لأننا تطورنا على سطح الأرض مع المخلوقات الأخرى على مدى ملايين السنين في ضوء الشمس الذي يتحلل بهذه الطريقة . والطاقة الكلية لضوء الشمس الذي لا تدركه أبصارنا من الأشعة فوق البنفسجية هي نسبة مئوية صغيرة فقط من الإشعاع الكلي القادم إلينا من الضوء الأبيض لطبقة الفوتوسفير . وليس هذا هو الحال بالنسبة لجو الشمس العلوي الأقل سمكا والأكثر حرارة . فالكروموسفير والهالة ، حيث تقع أغلب الأحداث ، تشعان جزءا قليلا من طاقتيهما في الطيف المرئي ، وهما لذلك متعذرا الرؤية باستخدام الأجهزة العادية ، لأن معظمهما يقع في مدى الأشعة فوق البنفسجية وأشعة أكس الصلبة . ولهذا تعتبر هذه المناطق المعوقة بطبيعتها للطيف ، ذات قيمة علمية في دراسة الومض الشمسي ومناطق النشاط والعمليات الفيزيائية التي تحكم الغلاف الجوي الشمسي الخارجي .

وتعتبر الشمس في الضوء فوق البنفسجي نجما سويا . وتتزايد الملامح الشمسية المتغيرة وتتضخم بطريقة درامية إلى الحد الذي يبدو فيه قرص الشمس المألوف مضطرب المعالم . ذلك لأن الكروموسفير والهالة متغيران دائما ، وينتابهما عمليات ديناميكية غير إشعاعية ، قد نشعر فيها بما يشبه جحيم دانتي ذات الأقواس الملتفة النارية المتموجة ، والتي تحكمها مجالات مغناطيسية رهيبة .

ولقد أتاحت الصور فوق البنفسجية للشمس للمرة الأولي دراسة المنطقة الانتقالية الدقيقة المتميعة ، حيث تقفز درجة الحرارة فجأة في جو الشمس من ٥٠ ألف درجة في الغلاف العلوي إلى مليوني درجة في الهالة . وهذه المنطقة الانتقالية ، أكثر من أنها محل فضول ، فإن العمليات الفيزيائية التي تحدث فيها تعتبر سبيلا لفهم ظروف الهالة التي بدورها ترشد عن بيئة الجسيمات ، والمجال المغناطيس للكرة الأرضية.

تحدث هذه القفزة الكبيرة والهامة في درجة الحرارة بين الكروموسفير والهالة في طبقة رقيقة جدا ، لدرجة أنها تمثل انقطاعا في الطبقات ، بما لا يوجد مثله في التركيب الحراري للجو أو المحيطات في الكرة الأرضية أو في أي مكان أخر من النظام الشمسي .

وفي المنطقة الانتقالية تختفي البقع الشمسية وشبكة السنيبلات الكروموسفيرية لتكوّن بعيدا تشكيلات مشتتة أثيرية من الهالة . وحينئذ تتحكم القوى المغناطيسية في عالم من شبه الفراغ الدائم ، عند درجة حرارة تربو على المليون .والطيف في المنطقة الانتقالية ، كمثله في الكروموسفير ،يحتوي على خطوط انبعاث لامعة خاصة بالمعادن عالية التأين ، وهي الذرات الخارجية التي يمكنها التثبيت بإلكتروناتها في ظروف مواتية لحرارة مرتفعة وكثافة منخفضة . وترى في خطوط المنطقة الانتقالية الأرجل السفلى للأقواس المغناطيسية لمنطقة النشاط داخل الكروموسفير ،وتبرز أقواسها الجبارة إلى أعلى ملايين الكيلومترات أحيانا . إلا أن الفائدة القصوى لأرصاد الشمس فوق البنفسجية هو إتاحة فحص ، وبالتالي نمذجة التركيب المجسم للغلاف الشمسي ، وحتى نحكم على صحة ما توقعناه من قبل . ففي الأشعة فوق البنفسجية ترى كل المناطق الهادئة والنشطة ، من خط الاستواء حتى القطب الشمسي ، كل المسافة من الكرة المضيئة إلى أعلى خلال الإكليل الشمسي ، باستخدام خطوط طيفية تتناسب جيدا مع الظروف الفيزيائية . وقد أفشت لنا أرصاد الأشعة فوق البنفسجية للومض الشمسي الخصائص الفعلية للانفجارات الشمسية . وأوضحت بعدها الثالث ( الارتفاع ) وحرارتها العالية وعلاقتها بالمجالات المغناطيسية في الهالة الشمسية .

## شمس أشعة أكس X -Ray Sun

يقع طيف أشعة أكس خلف الأشعة فوق البنفسجية ، وهو إشعاع كهرومغناطيس ذو طول موجي أقصر لكنه عالي الطاقة . وتوليه الفيزياء الفلكية اهتماما حقيقيا لصدوره عن البلازما الساخنة . وتعتبر نجوم النيوترون والثقوب السوداء والهالة الشمسية ذات المليون درجة من أهم مصادر أشعة أكس القوية . وبالمقارنة للضوء المرئي وفوق البنفسجي ، تملك فوتونات أشعة إكس قدرا هائلا من الطاقة . ولهذا السبب استخدمت في الطب كمصدر ضوئي نفاذ لصنع صور لخيال عظامنا . وحتى الآن لم تستطع أشعة أكس الآتية من مصادرها السماوية أن تنفذ خلال جو الأرض، ولهذا مازال علم فلك أشعة أكس X-Ray Astronomy طفل عصر الصواريخ وسفن الفضاء .

وقد حملت أول أجهزة لقياس أشعة أكس في الصواريخ عام ١٩٤٨ . ومع بداية عام ١٩٦٠ تم الحصول على صور فوتوغرافية لأشعة أكس بدرجة تحليل كافية لإظهار أن الشمس تكون لامعة حيث توجد المناطق النشطة ، وتكون خالية تماما في المناطق الأخرى . وتتطابق انتفاضات أشعة إكس الإكليلية مع المناطق اللامعة التي ترى على حافة الشمس باستخدام الكرونوجراف البصري . وتتطبق كذلك مع مساحات الإنبعاث الراديوي الشمسي المكثف التي دلت على كثافة إكليلية متزايدة . وقد استطاع العلماء من تحديد أكثر لمصدر أشعة إكس الإكليلية بطريقة أبرع من إطلاق صواريخ محملة بالأجهزة. ومع مقدم عام ١٩٦٨ وجهت مناظير أشعة إكس إلى الشمس من الفضاء المماثل لدرجة تحليل الأجهزة البصرية، حيث وضعت الصور العجيبة التي اتت بها الأجهزة للهالة الشمسية في شكل واضح وجديد .

وقد ظهرت طبقتا الفوتوسفير و الكروموسفير في مثل هذه الصور سوداء ، والهالة فقط هي التي يمكن أن ترى . وهذا يعطي ميزة كبرى في إظهار الهالة السفلى في كل أنحاء قرص الشمس في وقت الكسوف الكلي ، حتى يمكن أن نرى الهالة فقط حول حافة الشمس في حالة اضطراب . والفرق بينهما يشبه الفرق بين اكتشاف غابة من حافتها وبين اكتشافها بالطائرة الهليوكوبتر من أعلى .

وكانت أكبر مناسبة لاستخدام هذا المنظور الجديد أن الهالة تتكون كلية من شرائط قوسية واهنة ومصغرة بين مناطق الانعكاس القطبي المغناطيسي على سطح الشمس . ويكشف الطيف المستمر الإكليلي الانبعاثي لأشعة أكس عن الجسيمات الذرية المأسورة في هذه الأنماط القوسية للمجالات المغناطيسية . وقد تحدث علماء الفيزياء الشمسية طويلا عن خلفية " إكليلية هادئة " ولكنها لا تظهر في صور أشعة أكس . وحيث لا توجد هذه الشرائط القوسية يوجد قليل من الهالة . يؤيد ذلك سلسلة التغيرات الطبيعية المرصودة في هالة الضوء الأبيض أثناء الكسوف الكلي . ومنذ عام ١٩٨٠ عرفنا أن الهالة ممتقعة بالقرب من وقت النهاية الصغرى لدورة الإحدى عشر عاما للبقع الشمسية، و تمتلىء بتيارات قوسية في وقت النهاية العظمى عندما تظهر المجالات المغناطيسية المركزة .

ولعل ثاني أكبر الاكتشافات هو الثقوب الإكليلية ، هي بلغة الغابة عندنا عبارة عن رقعة كبيرة خربة غابت عن حافتها الأشجار . ولا ترى الثقوب الإكليلية في صور الرسوم الطيفية الشمسية للضوء المرئي ، وتبدو هائجة مضطربة أثناء الكسوف . وفي هذه المناطق القاحلة لا يوجد شرائط قوسية مغناطيسية لتقييد مادة الهالة . وتهب الرياح الشمسية من هذه الثقوب الإكليلية لتخرج بحرية في الفضاء على امتداد خطوط المجال المغناطيسي .

وهكذا مهد اكتشاف الخطوط الإكليلية إلى طفرة هامة في فهم التقلبات في انسياب الجسيمات الشمسية إلى الكرة الأرضية .

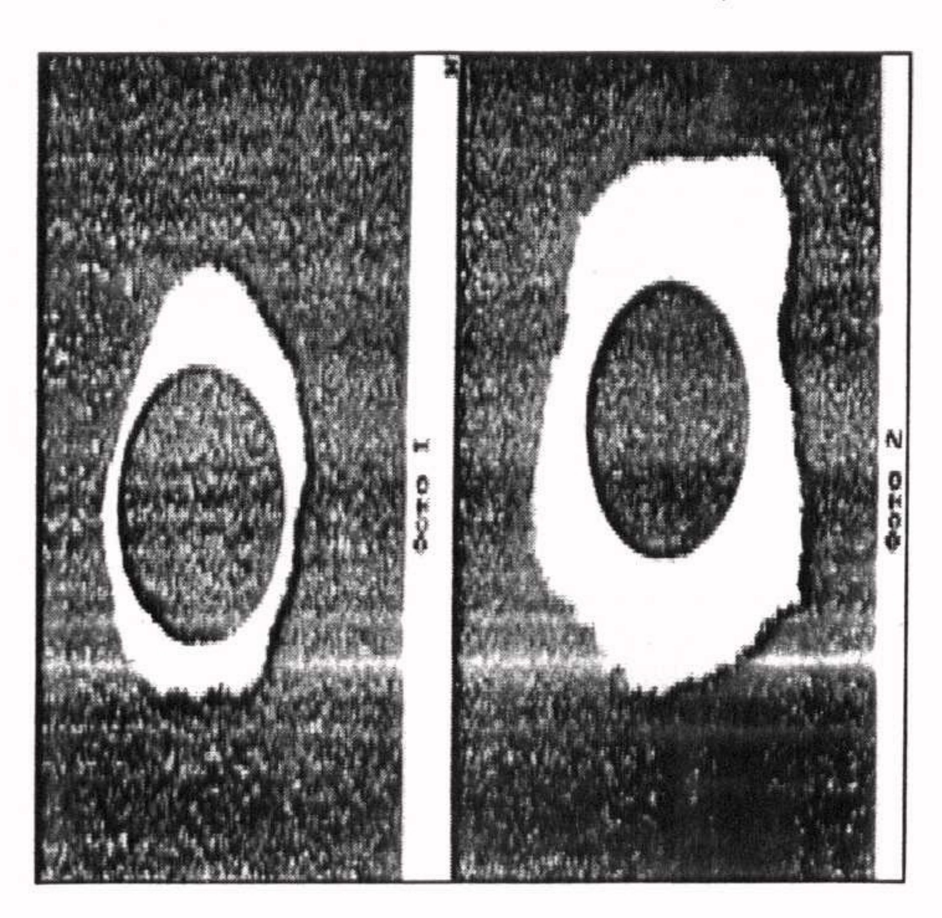
وكان ثالث الاكتشافات ، هو النقط اللامعة الدقيقة المنعزلة في الانبعاث المكثف لأشعة إكس الذي يغطي الشمس بما يشبه ندبات الجدري ( هذه النقط اللامعة نفسها تظهر في صور الأشعة فوق البنفسجية من الفضاء أيضا ) . وهي علامات لبقع مغناطيسية على الشمس . وهي مجالات ثنائية القطب التي ربما تنقص في شدتها عن مثيلاتها في البقع الشمسية . وغير كل المعالم الخاصة بالنشاط الشمسي المعروفة من قبل ، تبدو النقط الإكليلية اللامعة بلا أثر على الظواهر الأساسية في السلوك الشمسي . فهي لا تتقيد بالحزم الاستوائية التي تتواجد مع المعالم المغناطيسية الأخرى ، ولكنها تتواجد في كل مكان يحتوي على أقطاب شمسية وثقوب إكليلية . وهناك من النقط اللامعة التي يمكن رؤية مائة منها على الأقل في أي وقت على سطح الشمس ، وهي تمثل مصادر جزء ملحوظ من طاقتها المغناطيسية الكلية . وربما يكون الأكثر أهمية أنها تبدو متزايدة العدد ككل العلامات الأخرى المعروفة للنشاط الشمسي .

## الهالة الشمسية Solar Corona

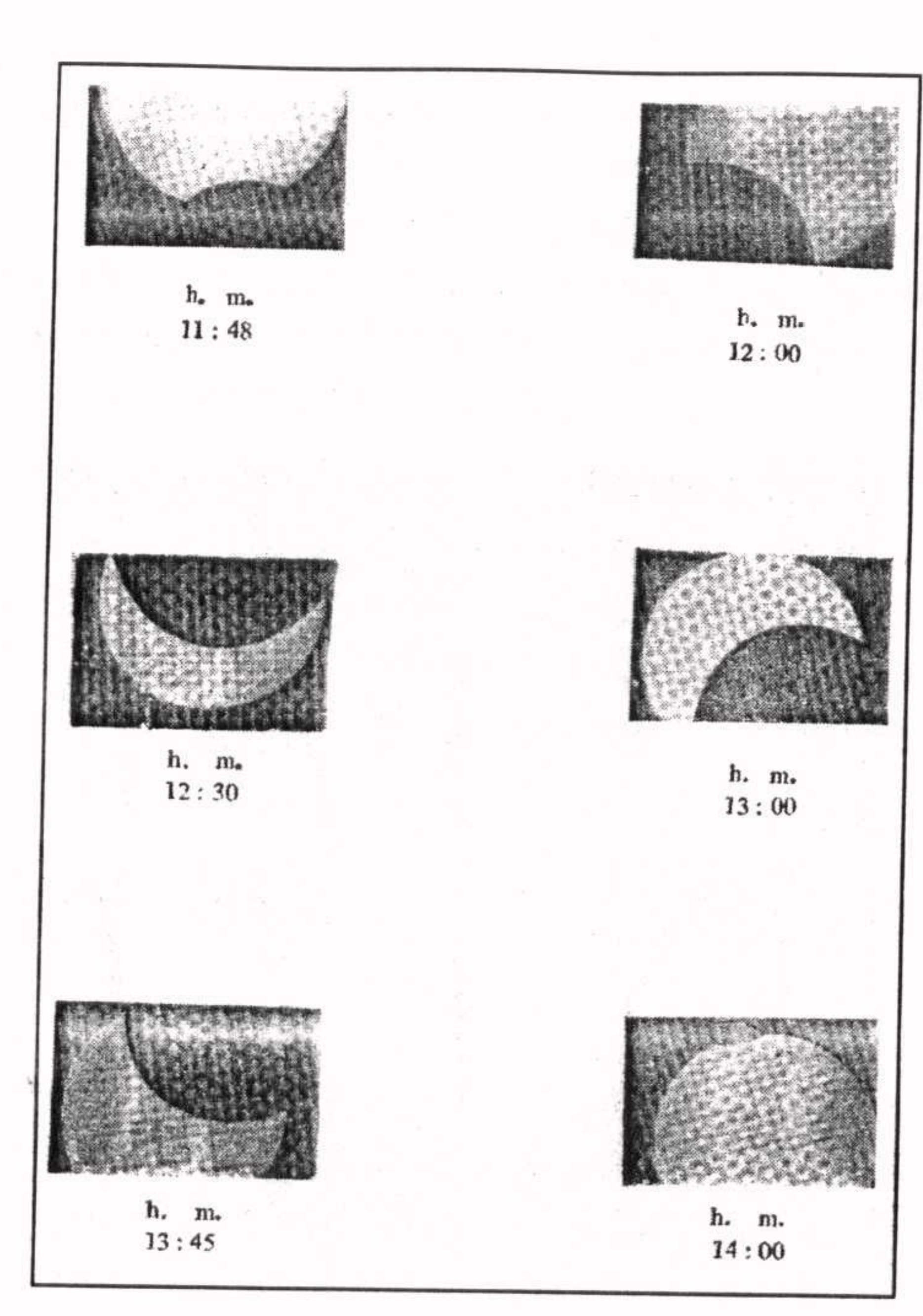
الهالة الشمسية هي الجزء العلوي من الغلاف الجوي الشمسي ، وتعرف كذلك باسم الإكليل الشمسي ، ولا ترى إلا أثناء الكسوف الكلي ، أو باستخدام جهاز خاص يعرف باسم الكرونوجراف ،و ذلك لأن درجة لمعان قرص الشمس في الحالات العادية أكبر بكثير ( مليون مرة ) من درجة لمعان الهالة الشمسية .

والهالة الشمسية طبقة أكثر نقاء من طبقة الكروموسفير ، ولكنها أكثر حرارة منها . حيث تبلغ درجة حرارة الهالة أكثر من مليون درجة مئوية .

وهي حرارة تتأين عندها كل الذرات ، أي تفقد إلكتروناتها ، ولهذا يمكن رؤية طبقة الإكليل في الأشعة السينية اللينة . وهناك منطقة فاصلة بين الغلاف الجوي الشمسي والإكليل ، وهي مرتع خصب للنشاط الشمسي . ومعظم الإشعاعات التي تصدر منها تقع في المدى الطيفي فوق البنفسجي ، ولهذا نستطيع معرفة مكونات الغلاف الجوي الشمسي بدراسة طيفه ، تماما مثلما تقوم بتقشير بصلة قشرة وراء قشرة .




شكل (١٠) الهالة الشمسية في ٣١ يولية ١٩٨١ أثناء الكسوف الكلي




شكل (١١) - صورة لقرص الشمس أثناء الكسوف الجزئي في ٢٠ مايو ١٩٦٦

(تم رصدها بالمنظار الشمسي بحلوان )



**ويمكن تمييز ثلاث مركبات في الهالة الشمسية :**

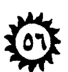
١- **الهالة السفلى** ، ويميز طيفها الخطوط المعطلة Forebidden للذرات عالية التأين من الحديد والنيكل والكالسيوم ، والتي يكون أشدُّها لمعانا خط الحديد الأخضر اللون ذو الطول الموجي ٥٣٠٣ أنجشتروم ،و خط الحديد الأحمر اللون ذا الطول الموجي ٦٣٧٤ أنجشتروم وغيرها . وعلى قدر ما تتركز شدة الخطوط في حدود أنجشتروم واحد ، فإننا نجد أن شدة خطوط الهالة تبلغ ألف مرة قدر شدة الطيف المستمر .

٢- **الهالة الوسطى** : وفيها يظهر الطيف المستمر عند تشتت ضوء الفوتوسفير على الهالة المكونة من الإلكترونات الحرة . ويظهر هذا الإشعاع مستقطبا حيث تصل درجة الاستقطاب من ٤٠ ٪ إلى ٥٠ ٪ .

٣- **الهالة الخارجية** : تمتد منشة الهالة الشمسية الخارجية عاليا فوق شرائط وأقواس الهالة السفلى ، وترى التيارات طويلة الذيل أثناء الكسوف ، وهي تشبه دائما بتلات زهرة الداليا ، أو البصيلات المصورة لزهرة السوسن . وتتكون الهالة الممتدة فوق حافة الشمس لمدى مسافة تقرب من نصف قطر الشمس .و تتكون أساسا من جسيمات ذرية شديدة التكسر ، حيث كانت ذات مرة أجزاء من ذرات في غلاف الشمس السفلي ، إلكترونات و بروتونات وقليل من أنوية ذرية ثقيلة . وحينما ننظر إلى الهالة الخارجية في الضوء المرئي ، نجد أن ضوء الشمس قد تشتت على إلكترونات الهالة . ومن هنا يمكن أن نستشعر القوى التي تحكمها .

وهناك قوتان تحكمان حركات هذه الجسيمات المشحونة الساخنة وهي المجالات المغناطيسية الشمسية ،وقوة الانفجار في الرياح الشمسية ، التي تحمل حرارتها العالية الإلكترونات والأيونات بعيدا عن المجال الجذبي الشمسي . وينشأ الشكل البصيلي لتيارات الهالة من اندماج هذين التأثيرين . وتتم بداياتها المستديرة العريضة القريبة من الشمس على الشكل المغلق للأقواس المغناطيسية . وتعطي دليلا على الجسيمات الذرية التي مازالت مشدودة إلى الشمس . وتفصح إمتداداتها الضارية إلى الخارج - بادئة من ربع قطر الشمس فوق الحافة - عن تغلب حقيقي لقوي الرياح الشمسية في طي الجسيمات المشحونة بعيدا عن قبضة المغناطيسية الشمسية . ولهذا تأخذ المعالم في الهالة الخارجية شكل خطوط تيارية منسابة إلى الفضاء الخارجي .

وتصل الهالة المحددة بهذه الطريقة إلي الأرض أو بعدها ، لكن مادة الهالة الخارجية شديدة الانتشار بما يصعب معه رؤيتها . وأثناء الكسوف الشمسي ، حينما يتغطى قرص الشمس وتظلم السماء ، حينئذ فقط يمكن أن نرى أثار امتدادات الهالة ربما حتى درجة قوسية من الحافة ، حتى في أحسن الظروف أيضا . وفي الأوقات الأخرى ، تستطيع الكرونوجرافات في محطات الجبال العالية أن ترسم خريطة الهالة الخارجية لحوالي ثلث هذه المسافة التي يغطيها ضوء السماء قبل عملية الكسوف . ومن ناحية أخرى فإن الكرونرجرافات خارج الغلاف الجوي ليست محددة هكذا . كما اتضح من قبل عام ١٩٦٠ حينما حملت مثل هذه الأجهزة في البالونات والصواريخ. فالكرونوجراف يكون خارج الغلاف الجوي في أحسن حالاته ، حيث يرصد الهالة على خلفية فضائية مظلمة .



وقد أثبتت الأجهزة المدارية كفاءة في تسجيل الهالة الخارجية الأبعد كثيرا من الشمس أكثر منها أثناء الكسوف في منظر مستمر تماما ، لفترات تتراوح بين شهور وسنوات . ويجمع الكرونوجراف المداري بسهولة معلومات أكثر عن الهالة الخارجية في الأسابيع الأولى القليلة من عمله أكثر مما يجمع الراصدون من الكسوفات الطبيعية في جميع الأوقات .

أن الرغبة في غزو الفضاء عملت على تطوير هذه الأجهزة ، وأصبح واضحا أن طبقة الهالة الخارجية للشمس كانت دائمة التغير على المدى الزمني الذي يبلغ شهورا أو أياما أو حتى ساعات . وهي صفة أساسية غابت عن أعين راصدي الكسوف مئات السنين . فالكسوفات الشهرية غير العادية الطول جعلت من الممكن بواسطة الكرونوجراف المداري كذلك أن تظهر الطبيعة ثلاثية الأبعاد لتكوينات الهالة الخارجية ومتعلقاتها مع نشاط السطح الشمسي . وأعجب العجب هو الحدوث المستمر للاضطرابات الانتقالية ذات المقياس الهائل في الهالة الخارجية . وقد شوهدت الومضات الشمسية والتنبؤات الانفجارية والمادة الشمسية المقذوفة من الكروموسفير وهي تتمدد مثل البالونات ، دافعة المادة الشمسية الأخرى إلى الأمام ، وهي تشق طريقها خلال الهالة الخارجية والأشعة والتيارات المضطربة السمات . وهذه الحمولات الإكليلية المتحركة خارجا بسرعات تبلغ حوالي ٥.. ك م / ث ما هي إلا شكل من أشكال النشاط الشمسي . وعبر الأجسام الكبيرة المرصودة في النظام الشمسي – قبل أن تصل إلى مجال رؤية الكرونوجراف تنمو بعض هذه الحمولات الإكليلية ربما أكبر من الشمس نفسها . وهي تقع حتى الآن باتساق مع الأشكال الأخرى للنشاط الشمسي ، بمعدل عدة مرات في الأسبوع .وتحتوي الحمولات الإكليلية ، مثل المذنبات ، على مادة قليلة جدا .وهي مرئية فقط لأن الهالة الخارجية نفسها كاملة التفريغ .وإذا كانت

الشمس تنفث أحد هذه الفقاعات الرهيبة يوميا منذ نشأتها فإن المادة المفقودة ستظل كسرا تافها إلى جانب كتلتها الكلية .

## الرياح الشمسية Solar Wind

في أول عقدين من عصر الفضاء لم يكن هدف الاكتشافات الشمسية الطموحة مطلقا هو الكشف عن الخصائص التقليدية لنجم الشمس ، وانما كان اقتحام غلافه الجوي الخارجي الممتد في الفضاء بين الكوكبي ، مع فيض الجسيمات الذرية الخارج منها والمعروف حاليا باسم الرياح الشمسية . وكانت التيارات الإشعاعية الجسيمية الشمسية المتقطعة محل اهتمام ، لأنها وسيلة لفهم الهالة القطبية الشمالية والهالة القطبية الجنوبية والاضطرابات المغناطيسية الأرضية ، ثم التقلبات المرصودة في الأشعة الكونية . وفي سنة ١٩٣١ اقترح الفزيائيان سيدني شابمان و ف . س . أ فيرارو V. Ferraro وSydney Chapman نموذجا فيزيائيا لشرح العواصف المغناطيسية الأرضية . وقد افترضا أن سحابة الغاز المتأينة تنساب خارجة من الشمس في أوقات الومض الشمسي . ولكنه يظن بصفة عامة أن الفضاء ما بين الكواكب فارغا وساكنا ، ولا يضطرب إلا نادرا ، تحت تأثير نوع من اقتحامات شمسية . وقد بدت هذه السلسلة من اندفاعات الجسيمات المشحونة مهيأة لأسر الأضواء الشمالية ، حيث أفادت التأثيرات المكثفة على المجال الأرضي ثنائي القطب في تفسير العواصف المغناطيسية الأرضية .

وفي سنة ١٩٥١ اقترح لودفج بيرمان Ludwig Biermann أيضا أن أكثر الجسيمات الذرية المستمرة من الشمس يجب أن تفسر التعجيلات الملحوظة في الأفرع المواجهة للشمس في ذيول بعض المذنبات . ثم اعتقد أن

الإنسياب الثابت للإلكترونات الشمسية هو الذي يفسر خواص الضوء البروجي . Zodiacal Light وقد كانت هذه مجرد أراء وليست أرصادا ، أدت إلى الاستنتاج النظري الدرامي الذي قدمه أيوجين باركر Eugene Parker في سنة ١٩٥٨ ، وهو أن الغلاف الشمسي قد لا تحتوية القوى الجذبية ، حيث أن حدود الهالة الشمسية ليست قرب الشمس فقط ، ولكنها تمتد خارجا إلى ما لانهاية في تمدد ثابت ، شاغلة النظام الشمسي مع انسياب خارجي لِكِسَفٍ ساخنة وأجزاء من الشمس . ورغم المشاجرات الفكرية المرتكزة على الأسس النظرية ، فقد تنبأ باركر أنه باستطاعتنا قياس هذه الانطلاقات الساخنة ، وأن الفراغ بين الكواكب يجب أن يكون مملوءا دائما برياح من جسيمات ذرية تعتمد قوتها وعددها أساسا على درجات جرارة الهالة الشمسية . وعند مدار الأرض تستطيع أن تبلغ سرعات من ٤.. إلى ٨.. كم /ث ، أي أسرع من قذائف البنادق .

وعلى مدى عامين كان قد ثبت صحة التنبؤات خارج الأرض وحملت مجسات الفضاء البنكبية الروسية التي أطلقت ما بين عامي ١٩٥٩ و ١٩٦١ أجهزة تسجيل الجسيمات الأولية التي قاست الفيض المرتع للأيونات سريعة الحركة من الشحنات الموجبة. أما سفينة الفضاء اكسبلورر ١٠ الأمريكية فقد أطلقت عام ١٩٦١ وحصلت على نفس النتيجة مع أجهزة أكثر حساسية . ثم قامت سفينة الفضاء مارينر ٢ المرسلة إلى الزهرة في عام ١٩٦٢ بترتيب تسجيل متواصل على مدى ثلاثة أشهر تقريبا ، مما لم يدع أية فرصة لتفسير آخر في أنه كانت ودائما كانت هناك رياح شمسية - وهو ما يؤكد وجود رياح نجمية حول النجوم الأخرى . وقامت مارينر بقياس سرعات انسياب الرياح الشمسية وكانت تماما كما حددت التنبؤات تتراوح بين ٣١٩ و ٧٧١ كم في الثانية . وتبدأ كثافة الرياح من جسيم واحد

في كل سم٣ إلى ٥٠ مـرة قدر ذلك . وكان باركـر قد تنبأ قبل أربع سنوات بانسياب ثابت بلا ملامح . ولكن الذي وُجدَ شئٌ أكثر تعقيدا من ذلك . وهو عبارة عن نفثات متواترة عالية السرعة أو تيارات قد تصـل أحيانـا إلي ١... كم /ث ، ونموذج تواتره يتــلاءم مع زمن دوران الشـمس . وسـجلت الموجات الضارية الناتجة عن الومض الشمسي . وقد احتفظت التركيبيات القطاعية Sector Structures غير المتوقعة المحتوية على أقسام زاويّة واسعة للرياح الشمسية الدائرة مع الشمس ذات شحنة مغناطيسية موجبة أو سالبة سائدة .

وقد ساهم وجود التيارات المتواترة عالية السرعة في الرياح الشمسية في نشوء جزء هام من اللغز الذي ثبت أركان التقدم في الفيزياء الشمس - أرضية لعشرات السنين . وأوضحت التسجيلات طويلة المدى للقلاقل المغناطيسية الأرضية فترة متكررة مستمرة قدرها ٢٧ يوما لها علاقة بدوران الشمس حول نفسها مما جعل نفثات الرياح الشمسية السابحة بعد الأرض تدور بنفس الدورة ، وما تبقي كان تعريف مصدرها على الشمس . والبعض يعتقد أنها يجب أن تكون مناطق نشاط شمسي مثل تلك التي تنتج الومض الشمسي . وينظر الآخرون بطريقة أخرى للعلاقات بين الشمس والنشاط حول الأرض .

وحيث أن الجسيمات تستغرق عدة أيام لتحقيق الوصول من الشمس إلى الأرض ، وحيث أن الطريق الصحيح وسرعة مرورها عبر ١٥٠ مليون كم غير معلوم ، فانه من الصعب إ يجاد ارتباط بين نمط الحوادث المرصودة على الشمس وسلسلة الاضطرابات الجيومغناطيسية ، لأن مناطق النشاط الشمسي يمكن أن تصدر السيل الخارج من الجسيمات الإكليلية . والاشتباه المبدئي في المناطق المبهمة المزاحة لمساحات هادئة معمرة على سطح



الشمس وهي مناطق غير محددة ، رؤيتها صعبة ، تفتح فيها خطوط المجال المغناطيسي سيلا من القنوات الجسيمية منسابة إلى خارج أقطار الفضاء . وتسقط القطع النهائية في الأماكن التي تصورها الصواريخ وسفن الفضاء باستخدام الأطوال الموجية لأشعة إكس مبينة وجود مثل هذه المناطق المحددة ، والثقوب المعمرة الواسعة في الهالة الشمسية ، والتي تخلو من الشرائط القوسية المغناطيسية المميزة . وتلتهب السلسلة سريعا وتضع ثقوب الهالة الدائرة مع الشمس ألغاما حقيقية من الجسيمات الذرية في الفضاء ، تبدو كرشاش الحديقة الدائر . ويمكن أن تثير التيارات المتواترة ذات السرعات الهائلة داخل الرياح الشمسية عالية السرعة نوعا شائعا من الاضطرابات الجيومغناطيسية والهالة القطبية .

## الثابت الشمسي Solar Constant

كان شائعا أن الشمس من النجوم الثابتة . وتسقط هذه الشائعة أمام التغير المستمر في الإشعاعات الراديوية وإشعاعات إكس . ومع ذلك تظل الطاقة الكلية المنبعثة من الشمس والكامنة فيها ثابتة . وربما يكون ذلك إلى حد ما ، هو السبب في أن تستمر هذه الشائعة في إحداث آثارها في أذهان الناس على مدى عصور كثيرة . والذي يحدد الطاقة المنبعثة من الشمس معامل من المعاملات التي تعرف باسم الثابت الشمسي ، ويعرف بأنه كمية الطاقة الكلية الشمسية التي تسقط كل دقيقة على مساحة قدرها ١ سم مربع خارج حدود الغلاف الجوي عموديا على أشعة الشمس ، حينما تكون الأرض على البعد المتوسط بينها وبين الشمس . ولقد تم تقدير هذا الثابت باستخدام الصواريخ والأقمار الصناعية فبلغ ١,٩٩ × ٠,٠٢ سعر / سم٢ . دقيقة أو ١,٣٨٨ × ١٠ ٦ أرج / سم مربع . ثانية على ارتفاع ٦٥ كيلو مترا من سطح الأرض . وليس لهذا الثابت قيمة ثابتة عند الارتفاع الواحد على مدار السنة ، حيث يتغير في حدود ٧٪ .

أول من أطلق على هذه القيمة اسم الثابت الشمسي ، الفيزيائي الفرنسي كلاودي بأولي Claude Powlet في عهد الملك لويس فيليب سنة ١٨٣٧ . وفي شهر ديسمبر من نفس السنة وحينما كانت الشمس في مدينة " كيب تاون " قريبة من السمت ، حاول جون هرتشل قياس هذا الثابت بجهاز بسيط مكون من ترمومتر داخل غلاف في صندوق من الصفيح الممتلئ بكمية معينة من الماء ، حيث قام بتعريض الجهاز للشمس على فترات متعاقبة باستخدام نظارة شمسية سوداء فكانت درجة الحرارة المقاسة للماء مؤشرا جيدا على كمية الطاقة الشمسية التي تسقط على الأرض .

وتختلف كمية الطاقة الساقطة على أي مكان من سطح الأرض نتيجة عوامل عدة. لكن الذي فكر فيه باولي وهرتشل هو الفيض الكلي لضوء الشمس في حالة غياب الغلاف الجوي عند مسافة معينة ( بين الأرض والشمس ) رغم تغيرها من وقت لآخر نتيجة لبيضاوية مدار الأرض حول الشمس ، وهذا أدخل باولي اصطلاح الثابت الجوي Atmospheric Constant كما لو كان الغلاف الجوى هو الآخر لا يتغير . وسرعان ما سقط هذا الاصطلاح وحل محله مصطلح الثابت الشمسي .

وفي سنة ١٩٨١ أقر الفلكي الأمريكي تشارلز يانج بعدم وجود وسيلة مؤكدة تدل على أن هذا الثابت الشمسي ثابت . ولكن المؤكد أنه ليس حاد الثبات . ذلك أن كمية الحرارة التي تشعها الشمس يجب أن تزيد أو تقل مع التغيرات التي تحدث على سطح الشمس . وفي نفس الوقت ليس هناك ما يدعونا إلى الاعتقاد بأن هذه التغيرات في الثابت الشمسي يجب أن تكون كبيرة ، إلا أنها على أية حال نوع من التغير .



ولقد بذلت عدة محاولات لمعرفة التغيرات التي تحدث في الثابت الشمسي ، منها ما قام به الباحث الجوي الأيرلندي بلفور ستيوارت سنة ١٩٨٠ حينما صنع جهازا يسمي " اكتيونومتر " Actunometerوأرسله إلى الهند ثم أمريكا ، وبواسطته أعلن تشارلز أبوت " رصده لبعض التغيرات في الثابت الشمسي ، إلا أن نسبتها المئوية بلغت بضعة أعشار .

وبعد ما يزيد على ١٤٠ سنة من عصر باولي وهرتشل مازلنا نفتقر إلى معرفة الكيفية التي يتغير بها الثابت الشمسي . إلا أنه أخيرا وفي عام ١٩٨٠ نجحت بعثة الشمس الكبري ( Solar Maximum Mission ( SMM بقمرها الصناعي في رصد تغيرات الثابت الشمسي ، محققة بذلك الهدف الذي شغل أذهان سفينة فضاء أخرى تعرف باسم ممباس ٧ Membas7 وقد بينت الأرصاد التي عادت بها سفينة البعثة الشمسية الكبري أن التغيرات في الثابت الشمسي تحدث نتيجة لظواهر مختلفة منها البقع الشمسية والمناطق المضيئة المعروفة باسم الشميلات . Faculaeوهاتان الظاهرتان تحدثان معا أكبر تأثير على الثابت الشمسي . أما الحبيبات الشمسية التي تمثل فقاعات الغليان تحت سطح الشمس فلها تأثير ثانوي . وهناك عامل أخر ذو تأثير ملحوظ تحدثه الاهتزازات أو الزلازل الشمسية.

وتقترح النماذج الحديثة لمناخ الأرض أن تغيرا في الثابت الشمسي قدره ١, ٠٪ يسبب تغيرا في درجة حرارة الأرض قدره درجة أو درجتين مئويتين ، وهذا كثير . وخلال قمة العصر الجليدي الأخير منذ حوالي ٢٠ ألف سنة ، كانت درجة حرارة الأرض أقل خمس درجات منها الآن ، وذلك مكافئ لهبوط في الثابت الشمسي قدره ٥ ٪ . والانخفاض المستمر الذي نسبته ١٠ ٪ أو عشر درجات مئوية ، يبدو لنا الآن نذيرا لكارثة كونية ، لأن ذلك سيؤدي ، كما تقرر النماذج ، إلى كرة أرضية يكسوها الجليد . والأدهى

من ذلك أن الثلج شديد الانعكاسية ( ألبيدو كبير ) ، ويحتاج إلى زيادة قدرها ٥٠ ٪ في الثابت الشمسي حتى يذوب الجليد . ويعتبر هبوطا قدره ١ ٪ في قيمة الثابت الشمسي كافيا جدا لتجربة عصر الجليد الذي داهم أوروبا والأمريكتين في نهاية عصر النهضة وبداية العصر الصناعي . ويكفي عشر هذا التغير إذا وقع لتغير الظروف الجوية في المناطق المأهولة، وإحداث صدمات اقتصادية كبري .

يكمن الهدف الأساسي من قياس الثابت الشمسي في رغبتنا من معرفة الأثر الذي يحدثه التغير فيه على الغلاف الجوي . وليس قبل عدة سنوات يمكن البت في هذا الموضوع بجواب حاسم . ولكن الذي يمكن الإقرار به أن هذه التغيرات الطفيفة في الثابت الشمسي لا يمكن أن تكون مصدرا لهذه التغيرات الكبيرة التي تحدث حاليا في الغلاف الجوي .

وقد يساعدنا الانخفاض الحادث في الثابت الشمسي نتيجة وصول النشاط الشمسي إلى ذروته هذه الأيام وزيادة المساحة المغطاة بالبقع الشمسية ، على فهم طبيعة عمل الغلاف الفقاعي للشمس ، وتبعا لنظرية لودفيج بييرمان فإن المجال المغناطيسي الذي يلتف بخيوطه حول الكرة المضيئة للشمس ، هو الذي يمنع حدوث الحركة الفقاعية ، مما يساعد على عدم إطلاق الطاقة إلى الخارج فتحدث معه البقع الشمسية السوداء . وبعض هذه الطاقة تختزن في الداخل لوقت الحاجة ، وقد ينطلق بعضا منها إلى المناطق المضيئة المعروفة باسم المشاعل التي تحيط بالبقع الشمسية . وقد تبين أن هناك دورات للحبيبات الشمسية والاهتزازات التي تحدث على فترات تصل إلى خمس دقائق . وهي الفترة التي يستغرقها انتقال الفقاعات عبر سطح الشمس .

وبناء على ما تقدم يمكن القول أن الثابت الشمسي ليس ثابتا ، ولم يكن كذلك في يوم من الأيام ،وأن تسميته بالثابت لا تعكس حقيقته المتغيرة وإنما تأتي لمجرد الذكرى والتاريخ.

## دورات النشاط الشمسي Solar Activity Cycles

في خلال ٣٨٠ سنة تقريبا ، منذ أن بدأ جاليليو في دراسة الشمس بمنظاره الطويل ، والدراسة لم تتوقف عن التركيب والتطور الزمني للبقع الشمسية ، مما ساعد على نمو المعرفة في التركيب الداخلي والخارجي للشمس . وخلال هذه الفترة نشأت فكرة الترابط بين البقع الشمسية والمناخ على الكرة الأرضية . وهذا ما دفع بعض الباحثين إلى تتبع هذه العلاقة ومحاولة إثباتها . وغالبا ما يحاول هؤلاء الباحثون استخدام دورات النشاط الشمسي الأخرى ، خلاف الدورة المعروفة باسم الإحدى عشر عاما . رغم أن الفلكيين يبنون كل استنتاجاتهم على هذه الدورة ، لأنها تمثل وحدة متكاملة لهذه الدورات جميعا ، فهناك دورة الاثنين وعشرين عاما ودورة الثمانية والثمانين عاما . وكلها مضاعفات العدد ١١ . ولكن الجيولوجيين يجزمون بوجود مثل هذه الدورات في خلال التغيرات الجيولوجية والبيولوجية المختلفة .

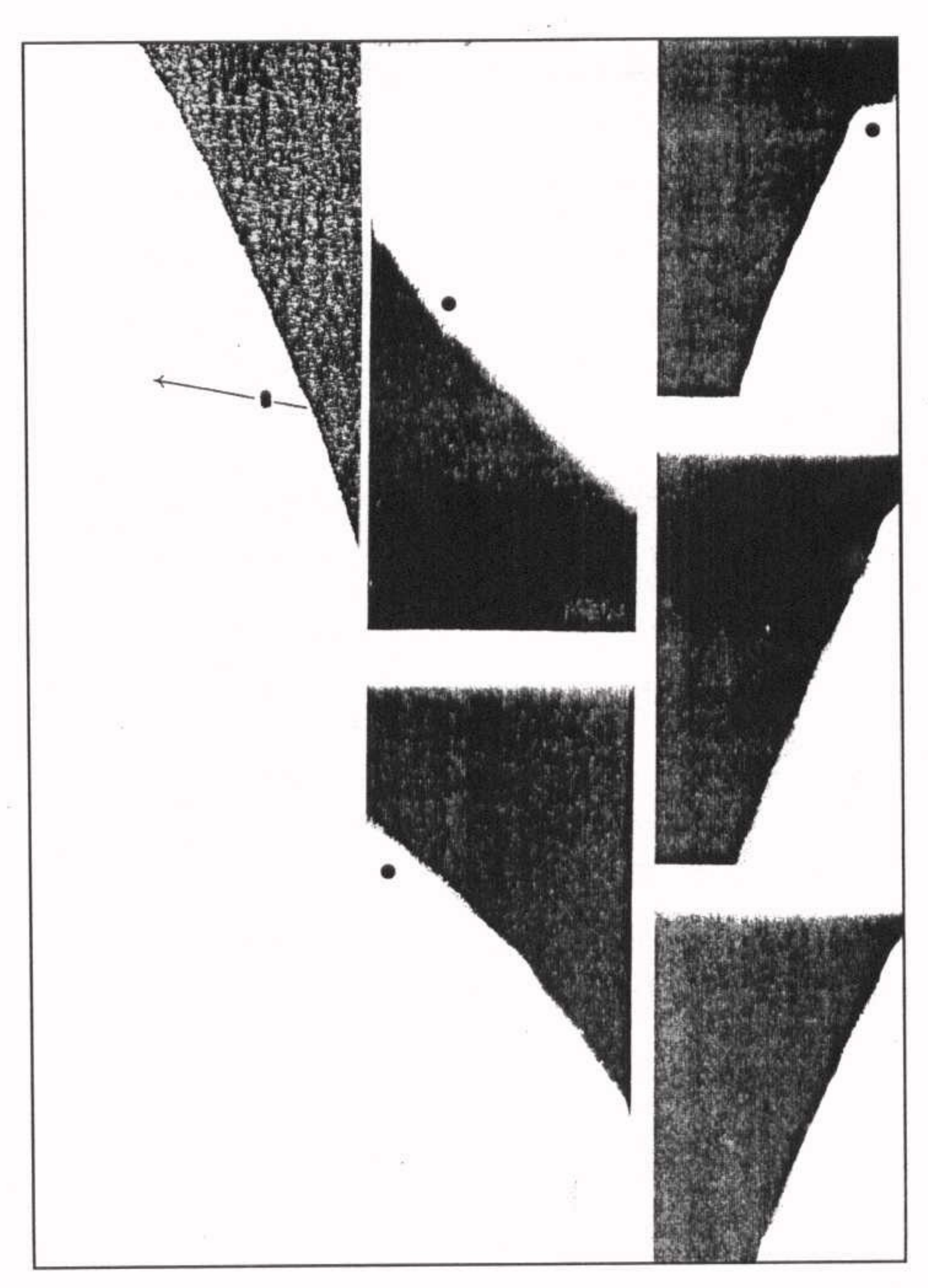
## البقع الشمسية ودورة النشاط الشمسي :

البقع الشمسية هي الأدلة المرئية على الخلايا الدوامية القريبة من سطح الكرة المضيئة للشمس ( الفوتوسفير ) . وترتبط هذه البقع بأنابيب من الجسيمات عالية الطاقة ، التي تشكلها قوى مغناطيسية . وعلى مدى زمني قدره ١١ عاما ترتفع هذه الأنابيب وتتفجر وتظهر هذه الفتحات في الفوتوسفير ، لتكون البقع الشمسية في بداية هذه الفترة عند خط عرض

شمسي يتراوح بين × ٣٠ و ٤٠ على نصفي الكرة الشمسية . وبعد فترة تتراوح مواقعها حينئذ بين × ٢٠ درجة على نصفي الكرة الشمسية. وعلى مدى زمني يتراوح بين ٥ و٧ سنوات تقل البقع في العدد تدريجيا لتنقرض تقريبا في نهاية هــذه الفترة ، حينما تكون البقــع القليلة المتبقية قريبة من خط الاستواء الشمسي ، ثم تختفي على مدى يتراوح بين سنتين وثلاثة .

تقع هذه الأحداث في مدى زمني قدره في المتوسط ١١,١١ عاما ، هي التي تسمي بالدورة الشمسية ، أما إزاحة البقــع من خطوط العرض العليا في اتجاه خط الاستواء فيعرف بقانون شبورر Sp?rer Law، الذي يتضــح جيدا في الشكل المعــروف باسم مخطط الفراشة -شكل (٤) -الذي كان أول من أنشــأه الآنســة أ. و . ماوندر A .W. Mounder وقد نشر لأول مــرة في مجلة المذكرات الشهرية للمجتمــع الفلكي البريطاني عام ١٩٠٤ .

كان أول من أعلن تغير عدد البقع الشمسية على مدى عشر سنوات هو الفلكي الهاوي الذي كان يعمل في صناعة الدواء هنريك سكويب H. Schwabe . وقد أشار إلى ذلك في مجلة " الليالي الألمانية" في عدد فبراير سنة ,١٨٤٤ قام سكويب برصد الشمس طيلة ٤٣ عاما أملا في رؤية كوكب عطارد أثناء عبوره لقرص الشمس حينما يقع أثناء دورانه حول الشمس بينهـا وبين الأرض . ولم يسعد سكويب بمعايشة هذه اللحظة لوفــاته بعد أن ترك لنا رسوما يومية لقرص الشمس طوال هذه الفترة . ومنها تم معرفة الطول الحقيقي للدورة الشمسية الذي يبلغ في المتوسط أحد عشر عاما .



شكل (١٢) - صورة نادرة لعبور كوكب عطارد من أمام قرص الشمس الذي حدث يوم ٧ نوفمبر ١٩٩٠ ( كما تم رصده بالمنظار الشمسي بحلوان)



وجاء وولف بين عامي ١٨٤٧ و ١٨٥١ ليخرج لنا ما يعرف باسم الرقم العالمي النسبي للبقع الشمسية Universal Relative Sunspot Number الذي استنتجه من الأرصاد التي تعود إلى عام ١٦١٠ منذ عهد جاليليو . ويمكن استنباط الرقم العالمي بجمع ناتج ضرب عدد مجموعات البقع G التي على قرص الشمس في ١٠ على عدد البقع الشمسية الفردية الموجودة Nداخل هذه المجموعات باستخدام هذا القانون :

$$R=K(10G+N)$$

حيث K معامل يعتمد علي الظروف الجوية وعلي الراصد والجهاز المستخدم في الرصد.

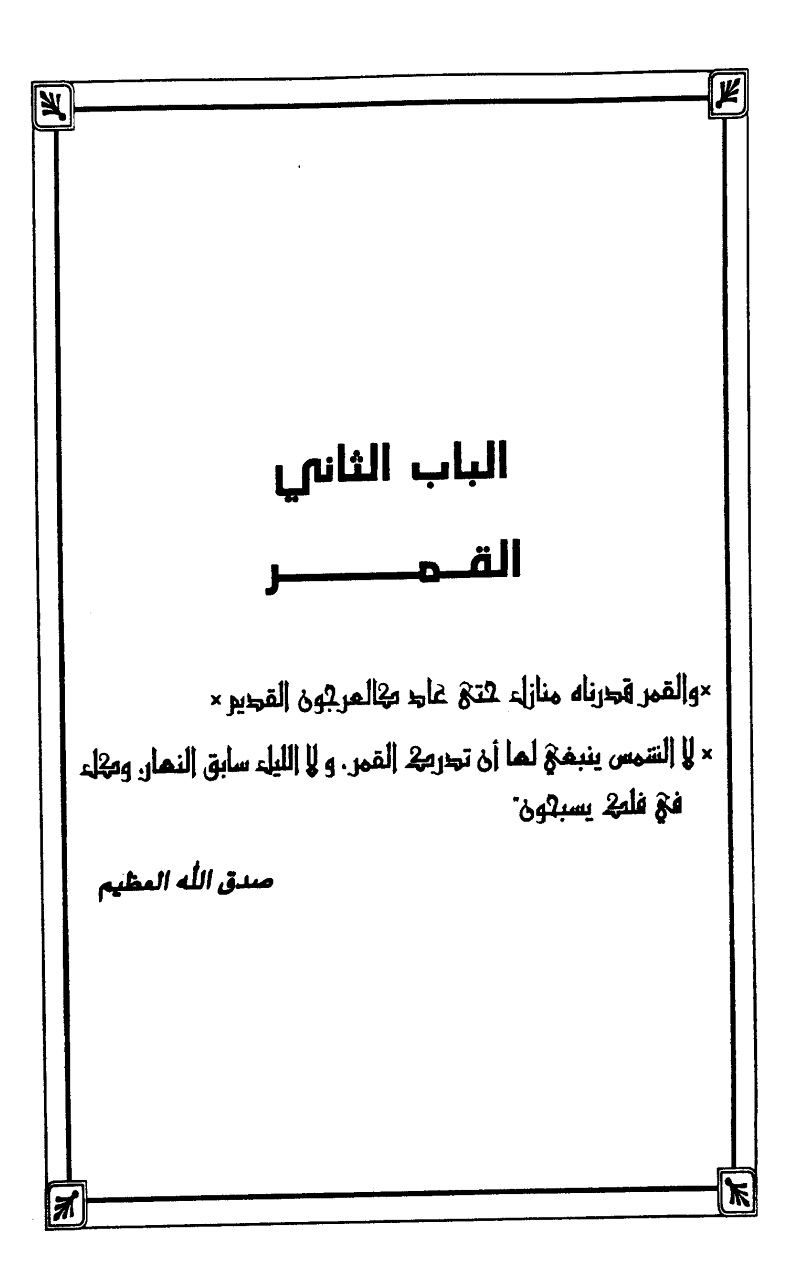
في عام ١٩٧٦ استطاع فالدماير من استنباط معادلة تربط بين هذه الرقم عند ذروة النشاط الشمسي $R_M$وزمن الصعود من الحد الأدني حتى الأقصى Tعلى الصورة: $R_M = 2.73 - 0.18\ T$

لا توجد تفسيرات مقنعة لكل التطورات والتغيرات التي تحدث على مدار الدورة ، ولو أنها قد تقترن بدوران الشمس غير المنتظم ، حيث تدور المادة الشمسية في خطوط العرض المتوسطة والمنخفضة بسرعة زاوية أكبر من سرعة دورانها في المناطق ذات خطوط العرض العالية . وتحدث بعض التغيرات المغناطيسية للبقع الشمسية على مدى دورتين شمسيتين . ففي بداية دورة الأحد عشر عاما تتغير قطبية البقعة الشمسية عما كانت علية في الدورة السابقة . فإذا ظهرت أول بقعة شمالية القطبية في دورة ، فإنها تظهر جنوبية القطبية في الدورة التالية . وتسمي هذه الدورة المزدوجة دورة الإثني وعشرين عاما ،أو دورة هيل Haleوهي متوافقة أكثر من التغيرات المناخية التي تساعد على التنبؤ بحالة الطقس .

ومع التقدم الملحوظ في هذا المجال ، نشأ علم الفلك الذي يبحث في طبيعة العلاقات الشمس - أرضية للمناخ . وسرعان ما لاحظ الجيوفيزيقيون العلاقة بين دورة النشاط الشمسي والتغيرات في المجال المغناطيسي الأرضي ، وكذلك بينها وبين حدوث الزلازل فيما يعرف باسم تأثير جيوبتر ( المشتري ) .

ومن ناحية أخرى ، هناك علاقة وطيدة بين التغيرات الشمس - أرضية وبين التغيرات المناخية ، وهو ما جعل التنبؤ بحالة الطقس يأخذ شكلا أكثر إحكاما . وقد أثبتت بعض الدراسات أن هناك ميلا لضغط جوي ورطوبة منخفضين في المناطق الإستوائية ، ورياحا شمالية شرقية قارية في شمال غرب أوروبا ، وتتزايد الثورات والمجاعات قليلا في أوروبا ، عندما تكون البقع الشمسية في أعلى مستوى لها . وكذلك يتناسب سعر القمح في أمريكا طرديا مع مستوى النشاط الشمسي بصفة عامة .

وهنا تتجلى الفائدة العظيمة من النظر في السماوات والأرض ، ودراسة ما يربط بينها من قوانين . وهو ما يعكس أهمية دراسة العلوم الطبيعية الأخرى بصفة عامة ، وعلم الفلك بصفة خاصة . ذلك أن علم الفلك يبحث في جزئيات الكون الفسيح . فسبحان من خلقه ، وسبحان من كشف لنا الطريق إلى فهم مكنوناته .



# الباب الثاني

# القمـــــــر

×والقمر قدرناه منازل حتى عاد كالعرجون القديم ×

× لا الشمس ينبغي لها أن تدرك القمر، و لا الليل سابق النهار، وكل في فلك يسبحون"

صدق الله العظيم



## نبذة تاريخيــة :

لقد لعبت أرصاد القمر منذ القديم دورا هاما في تطور علم الفلك ، حيث استخدمها المنجمون البابليون أساسا لقياس الزمن ، وذلك بحساب أطوار القمر . ويعتبر التقويم العربي قبل الإسلام أول من استخدام الهلال في تحديد طول الشهر . وقسموا السنة إلى ١٢ شهرا منها أربعة حرم ، شريعة ثابتة منذ أيام إبراهيم وإسماعيل عليهما السلام . وقد ذكر فخر الدين الرازي أنهم كانوا يجعلون السنة ١٣ شهرا ليعادلوا السنة القمرية بالسنة الشمسية . وأحيانا يكبسون ٢٤ سنة قمرية بإثني عشر شهرا قمريا، لتعادل ٢٤ سنة شمسية . وبعد الإسلام اجتمع العرب المسلمون في العام السابع عشر على عهد عمر بن الخطاب ، بهدف البحث عن أعظم حدث يمكن أن يكون بداية لتاريخ عربي ، فلم يجدوا خيرا من الهجرة النبوية . فهي الفتح الذي انتشر به الدين الإسلامي ، وتوحد به العرب للمرة الأولي، وتسلموا زمام الشرق بدلا من الأكاسرة الساسانيين .

وفى سنة ألف قبل الميلاد بدأ اليونانيون تقويما قمريا ، جعلوا السنة فيه ١٢ شهرا قمريا تحتوي على ٣٥٥ يوما . وكانوا يجعلون السنة ١٣ شهرا كل ثلاثة أعوام ليعادلوا التقويم القمري بالشمسي . وقد كان الفيليسوف اليوناني أرسطوطاليس أول من فكر في كروية الأرض حينما لاحظ استدارة ظل حافة الأرض على سطح القمر أثناء خسوفه . وكان الفلكي الإيطالي جاليليو أول من اكتشف الفوهات على سطح القمر .

وعلى مدى العشرين عاما الأخيرة لم تتوقف الولايات المتحدة والاتحاد السوفيتي (سابقا) عن إرسال سفن إلى القمر . وأشهر هذه السفن على



الإطلاق هي أبو للو ١١ التي أنزلت رائدا الفضاء نيل أرمسترونج و إدوين ألدرين على سطح القمر ، وسفينة الفضاء السوفيتية الأوتوماتيكية لونا ١٦ . وكلا السفينتين أحضرت عينات من تربة القمر. وقد بينت تحاليل هذه العينات أن عمر القمر ٤,٥ مليار سنة ، وأن التربة تتركب من السليكون بنسبة متوسطة ، ومن الصوديوم بنسبة ضئيلة . ويغيب الماء عن القمر تماما . وليست تسمية البحار على سطحه إلا من قبيل الذكري التاريخية ، حيث كان يعتقد قديما في وجود بحار على سطح القمر .

إن القمر قد قتل بالدراسة بحثا . ولم يتبق من أهداف دراسته سوى التأكد من حقيقة نشاته ، ومدى ارتباطه بالأرض . وتؤكد إحدى النظريات أن القمر قد انفصل من منطقة المحيط الأطلنطي . والنظرية الأخرى تؤكد نشأة القمر منفصلا عن الأرض . وكلا النظريتين تحاول إثبات نفسها ، ولكن الأمر لم يحسم لصالح أحدهما بعد .

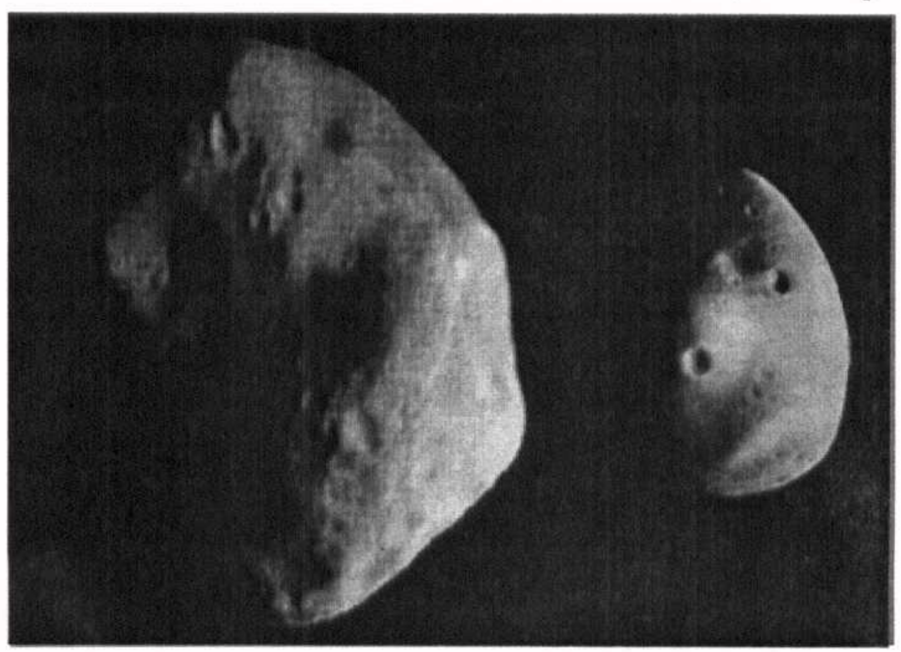
هذا هو القمر ، وهذه هي حقيقة أمره ، فمن من الشعراء مستعد الآن أن يسمع حبيبته المثقفة تشبيها لوجهها بالقمر ؟ . فقد تتخيل ان انفها يقع مكان بحر الأزمات ، أو تأتي عيناها مكان فوهة أفلاطون أو أرستارخاس ،وربما تأتي الخدود مكان بحر الصمت ، وقتها ستجد أن فمها لن يفوته أن يجيء في موقع بحر العواصف .

## نبذة لغوية

القمر في اللغة يعني تحير البصر من الثلج ، وقمر الرجل قمرا : حار بصره في الثلج ، أو أرق في القمر فلم ينم ، وأقمرنا طلع القمر علينا . والقمرة : لون إلى الخضرة وقيل : بياض فيه كدرة . وتقول العرب عن السماء إذا رأتها ممطرة : كأنها بطن أتان قمراء ، وأقمر : صار قمرا ويقول ابن قتيبة : الأقمر الأبيض الشديد البياض ، ويقال للأنثى البيضاء

قمراء . ويقال للسحاب الذي يشتد ضوءه لكثرة مائة : سحاب أقمر ، ويقول العربي : إذا رأيت سحابة كأنها بطن أتان قمراء فذلك الجود ، وليلة قمراء أي مضيئة ومن هنا اشتقت تسمية القمر . وقال ابن سيدة : القمر يكون في الليلة الثالثة من الشهر والجمع أقمار ، والتصغير : قمير . ويقول أبو الهيثم : يسمى القمر لليلتين من أول الشهر وليلتين لآخره هلالا ، وما بين ذلك يسمى قمرا . وفي الإنجليزية القمر معناها Moonوفي الفرنسية معناها Luneوفي الروسية معناها Lynaوفي الألمانية معناها . Mond

وقمر في العلم : تابع التابع ، فالأرض تابع الشمس ، وتابع الأرض هو القمر . والشمس تابع المجرة ، ولذلك تعتبر الأرض قمرا في مجرتنا ، وكذلك الحال بالنسبة لبقية الكواكب فالمريخ يملك قمرين ، أحدهما يسمي فوبوس Phobosومعناها الخوف ، ولعل هيأته في الصورة تعبر عن مضمون التسمية ، أما الثاني فيسمي ديموس Dimosومعناها الرعب وهو لا يختلف في شكله كثيرا عن شقيقة فوبوس . وهما أصغر أقمار المجموعة الشمسية .



شكل (١٣) – قمرا المريخ فوبوس (الخوف) دايموس (الرعب)

أما كوكب المشتري أو غني الحرب ، فيدور حوله ستة عشر قمرا ، وزحل ثمانية عشر قمرا ، ثمانية عشر قمرا ، وزحل تسعة وثلاثون قمرا ، حسب أخر الإحصائيات . ويدور حول أورانوس ستة أقمار وحول نبتون قمران ، أما بلوتو فقد أكتشف أخيرا أنه يملك قمرا واحدا ، أطلق عليه اسم " شارون " ومعناها الكلب الصغير .

وقمرنا هو أشهر أقمار المجموعة الشمسية ، ويليه في الشهرة قمر زحل تيتان الذي يعتبر أضخم أقمار المجموعة الشمسية ، ثم قمري المريخ فوبوس ودايموس . وبعد ذلك يأتي قمر المشتري المسمي باسم " أي أو " . Ioويتميز هذا القمر بنشاطه البركاني الحالي ، وهو في هذا ينفرد عن بقية الأجسام التي تدور حول الشمس ، عدا الأرض طبعا . ويجدر الإشارة هنا إلى أن كوكبي عطارد والزهرة هما عاقرا الأسرة الشمسية ، حيث لم ينجبا أي أقمار .

وستناول في دراستنا القمر الذي تطلعت عليه أعين الأقدمين ،وأشهرهم سيدنا إبراهيم عليه السلام " فلما رأي القمر بازغا قال هذا ربي فلما أفل قال لئن لم يهدني ربي لأكونن من القوم الضالين " ( ٧٧ - الانعام ) . وقد شبت على القمر طفولة العرب فخلدوه في أشعارهم ، وسامروه في أمسياتهم ، وشبهوا به أوجه محبوباتهم ،و وصفوه في كل أطواره ، وفي صفوه و أكداره . فهذا هو الخليفة العباسي بن المعتز يقول عن الهلال :

وانظر إليه كذورق من فضة ... قد أثقلته حموله من عنبر

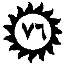
**وقال الخبزأرزي :**

رأيت الهلال و وجه الحبيب ... فكانا هلالين عند النظر

فلم أدر من حيرتي فيهما ... هلال الدُّجى أم هلال البشر

فلولا التوردُ في الوجنتين ... وما راعني من سَوَادِ الشَّعَر

لكنت أظن الهلال الحبيب ... وكنت أظن الحبيب القمر

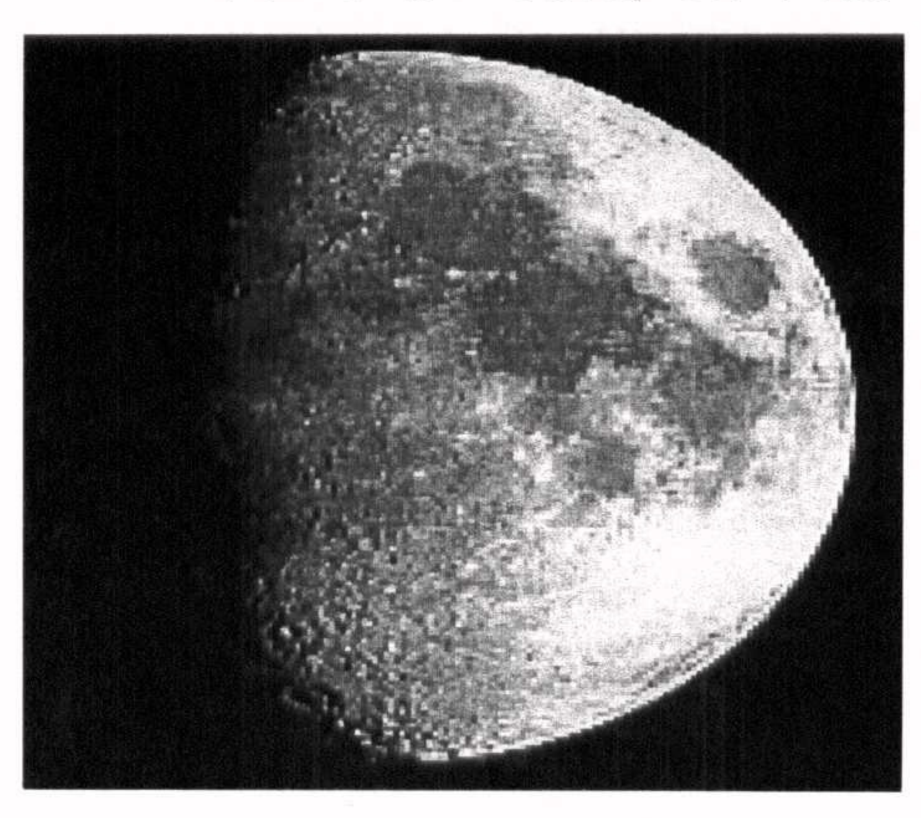


والقمر هو أقرب الأجرام السماوية إلينا ، حيث يبلغ متوسط بعده عنا ٣٨٤٤.. كم ويدور حول الأرض في مدار شبه دائري في زمن قدره ٢٧,٣٢١٧ يوما ، إلا أن القمر ينم دورته في الواقع في ٢٩,٥٣٠٩ يوما وهذا الزمن يعادل ٢٩ يوما و١٢ ساعة و ٤٤ دقيقة و ٢,٨ ثانية هو طول الشهر القمري أو العربي . ويرجع الفرق في الزمنين إلى أن الأرض هي الأخرى تدور حول الشمس ، وبذلك تبعد نقطة البداية في كل دورة قمرية عن السابقة بما يضيف إلى زمن كل دورة أكثر من يومين . ولعل من أهم الظواهر الفلكية التي تنشأ عن دورة القمر حول الأرض هي الكسوف والخسوف .

ويدور القمر حول نفسه ( اليوم القمري ) في ٢٧,٢٣١٧ يوما ، وهي نفس زمن دورته في مداره حول الأرض ، وهذا هو السبب الذي يساعد القمر على إخفاء وجهه الأخر عنا . كما أن خاصية الترنح التي تميز دوران القمر تجعلنا نستطيع رؤية ما يقرب من ٥٩ ٪ من مساحة سطحه التي تبلغ ٣٨ مليون كم مربع ، وهي تعادل ٣ : ٤٠ من مساحة سطح الكرة الأرضية . أما شكل القمر فهو كروي نصف قطره ١٧٣٧ كم ( ٠,٢٧ من طول نصف القطر الإستوائي للأرض ) ويبلغ حجم القمر ٢٢ بليون كم مكعب ( ١ : ٤٩ ) من حجم الأرض . وتبلغ كتلته ٧٣,٥ مليون بليون طن ( ١ : ٨١,٣ من كتلة الأرض ) ، أما كثافة تربته فتبلغ ٣,٣٤ جم / س٣ أي أن المتر المكعب من التربة يزن ٣٣٤٠ كجم ، وهي أقل من كثافة الأرض التي تبلغ ٥,٥ جم / سم ٣ . هذه البيانات تعطي مؤشرا على ضعف جاذبية القمر فتبلغ ١ : ٦ جاذبية الأرض. أي أن الشخص الذي يزن على سطح الأرض ٧٢ كجم ، يزن على سطح القمر ١٢ كجم فقط . وبهذا يدخل الشخص في حالة " رجيم " وهمي .



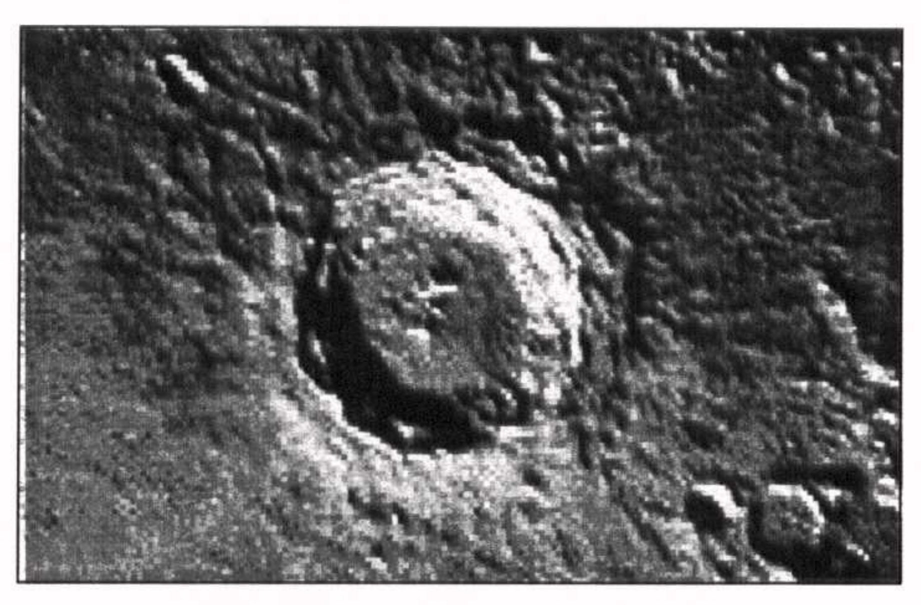
وبسبب ضعف جاذبية القمر ، لم يستطيع أن يحتفظ بغلافه الجوي ، الذي يعتقد أنه قد ولد به ، ولم يتبق له من أثار هذا الغلاف إلا النذر اليسير الذي يبلغ ٢ × ١٠ -١٠ جم / سم بما يعادل ١ /١... من كثافة الغلاف الجوي الأرضي . وقد ترتب على ضعف الغلاف الجوى القمري أن زادت درجة تأثير النيازك والتيارات الجسيمية التي تعقب الانفجارات الشمسية على سطح القمر ، فجعلته مثقبا ومليئا بالفوهات والفجوات الدائرية العميقة ، إلى جانب الجبال التي يتراوح ارتفاعها بين ٣ و ٥ كيلومترات .



شكل (١٤) - مناطق هيباركوس والباتيجناس على سطح القمر

( الصورة التقطها منظار القطامية المصري في بداية السبعينات )



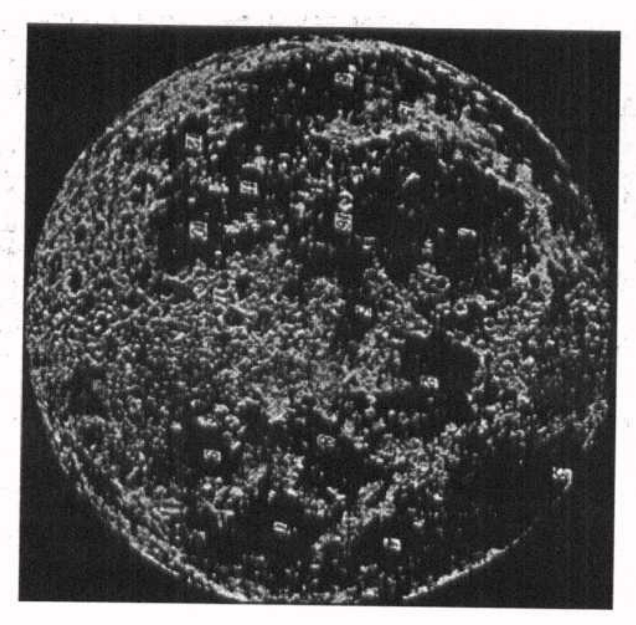


شكل (١٥) - أحد الفوهات الضخمة على سطح القمر

ولقد أثبتت كل العينات التي أحضرتها سفن الفضاء من سطح القمر أن هذه الفوهات ليست ذات أصل بركاني كما كان يعتقد من قبل ، ولكنها نشأت عن اصطدام تيارات النيازك بسطح القمر . و أدى تكرار اصطدام النيازك بنفس النقطة من السطح إلى تعميق هذه الفوهات ، حتى وصل عمق بعضها إلى ما يقرب من ٢٠ كيلومتر .

وسطح القمر عامة معتم . وكل ما نراه من لمعان وإضاءة ناشئ عن قوة انعكاسية سطحه ( الالبيدو ) قدرها ٠,٠٧٣ ، أي أن هذا السطح يعكس ٧,٣ في المائة من الأشعة الساقطة عليه .

وتبلغ درجة حرارة سطح القمر في الجزء المواجه للشمس ١١٠م نهارا و - ١٢٠م ليلا . وبدراسة القمر في الأشعة تحت الحمراء اكتشفت عدة نقاط ساخنة في فوهات البراكين تبدو متلألئة حينما يكون القمر في مرحلة البدر .



شكل (١٦) سطح القمر :

١-بحر الأمطار ٢ -بحر الوضوح ٣-بحر الآلام ٤-بحر الازمات
٥-بحر الأبخرة ٦ -بحر العواصف ٧-بحر الخصوبة ٨-بحر السكون
٩-بحر العسل ١٠-بحر السحب ١١-بحر المعرفة ١٢-بحر الرطوبة
١٣-فوهة أفلاطون ١٤-فوهة أريستارخاس ١٥-فوهة هيرودوت ١٦-فوهة كوبرنيق
١٨-فوهة كبلر ١٧-فوهة الفونس

## أطوار القمر :

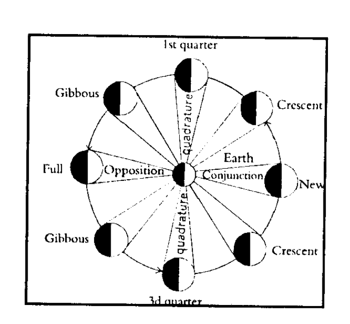
إذا داومنا علي استطلاع رؤية القمر على مدى شهر كامل ، نلاحظ أن شكله يتغير من هلال دقيق الحجم إلى قرص كامل الاستدارة إلى هلال دقيق الحجم مرة أخرى وفي كل هذا يتغير ميعاد شروق وغروب القمر .

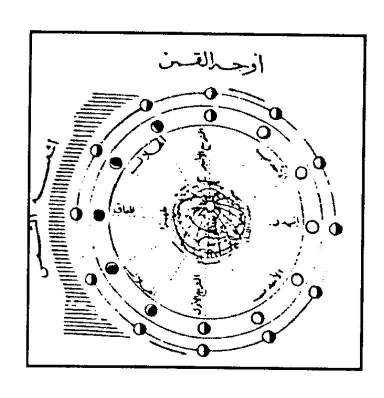
وحينما يقع القمر على خط واحد بين الأرض والشمس ، نجد أن الجانب المظلم من القمر هو الذي يواجه الأرض بأكمله ، وفي هذه اللحظة يولد القمر الجديد . ويمكن رؤية هذا المولود الجديد بعد ساعات من

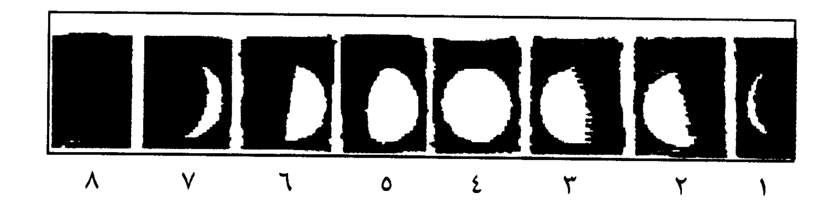


ولادته ، إذا كان الجو صافيا ومكث المولود مة كافية بعد غروب الشمس ، لا تقل عن عشرين دقيقة . وهذا الطور هو الذي يحدد بداية الشهر العربي ، ويكون محاق اليوم السابق قد غرب قبل غروب شمس ذات اليوم وبعد ذلك تزداد مدة مكوث القمر بعد غروب الشمس بمعدل يتراوح بين ٤٠ و ٦٠ دقيقة يوميا حسب خطوط العرض المختلفة ،ومن ثم تزداد احتمالات رؤيته ، نتيجة لنموه في الحجم لزيادة حجم الجزء المضيء الذي يواجه الأرض تدريجيا .

حتى تقع الأرض بين الشمس والقمر على خط واحد وهنا يظهر لنا الجانب المضيء كله ، وهو ما يعرف باسم البدر ، ولعل الأشكال تبن كيفية حدوث هذه الأطوار .






شكل (١٧) أطوار القمـر

## منـــازل القمـــر

نزل - ينزل ومنزلا ... والمنزل هو المكان الذي ينزل أو يحل بما لضيوف ... وكان يعتقد قديما أن القمر ينزل ضيفا على مجموعة من النجوم التي سميت بالمنزل . وفي القرآن الكريم جاء قول الله سبحانه وتعالى في سورة يس : والقمر قدرناه منازل حتى عاد كالعرجون القديم " وقد ميز العرب الدائرة التي يمر بها القمر على مدار الشهر بمجموعة النجوم التي تميز كل منزل ، حيث قسموها إلى ٢٨ قسما متساويا . وأطلقوا عليها اسم منازل القمر وهي على الترتيب - الشرطان - البطين - الثريا - الدبران - الرقعة - الهنعة - الذراع المبسوط - النشرة - الطرف - جبهة الأسد - الزبرة - الصدفة - العواء - السماك الأعزل - العفر - الزبانان - الأكليل - قلب العقرب - الشولة - الوصل - البلدة - سعد ذاج - سعد بلح -سعد السعود - سعد الأجنبية - الفرغ الأول - الفرغ الثاني - الرشا .

ويقطع القمر المسافة بأكملها من أول منزل الشرطان حتى منزل الرشا في ٢٩ يوما و ٢ ١ ساعة و٤٤ دقيقة و ٢,٨ ثانية .وفي أثناء ذلك يمر القمر بأطوار مختلفة تبدأ كما هو واضح من الشكل بالميلاد رقم ( ١ ) ثم هلال الميلاد رقم ( ٢ ) الذي يظهر بوضوح بعد يومين من بداية الشهر ثم التربيع الأول ( ٣) في اليوم الرابع عشر ثم الأحدث المتناقص ( ٦ ) في اليوم السابع عشر وبعد ذلك يدخل في التربيع الأخير ( ٧ ) ثم هلال المحاق ( ٨ ) ثم محاق انتهاء الدورة القمرية حيث يولد بعد ذلك قمر الشهر الجديد.

ومن المعروف أن القمر يرى في كل أجزاء الكرة الأرضية التي تشترك في الليل لحظة ظهور القمر . ولذلك فكل سكان الكرة الأرضية يرون نفس الأطوار في نفس اللحظة . ويرون كذلك خسوف القمر إذا حدثت هذا الخسوف في نطاق ليلهم .



ولعل تخيل القدماء عن منازل القمر ناشئ من انبهارهم بجمال صورته وبهاء ضوئه . وحسن تأثيره عليهم . فهو دليلهم ومرشدهم في مجاهل الصحراء وفي ظلمات البحر . ولقد وطأت أقدام الإنسان في عصره الحديث سطح القمر . وأصبح السفر إلى القمر أمرا غير بعيد المنال . والمسألة كلها مسألة إمكانيات مادية ، حيث أنفق على رحلات أبوللو حتى هبط نيل آرمسترونج أول رائد فضاء على سطحه ٢٣ مليار دولار . وهو أمر لا يستطيعه سوى أمريكا والاتحاد السوفيتي . وأصبحت كلمة نيازك القمر تستخدم الآن في نطاق ضيق ، حينما يراد الحديث عن تاريخ فصل من فصول تاريخ الفلك . فهناك الكثير الذي يقال عن ذلك مما تحتويه بطون هذه الفصول ولا يتسع عصر السرعة لذكره.

## بيانات عامة عن القمر

- قطر القمر ٣٤٧٦ كم وقطر الأرض ١٢٧٤٠ .
- مساحة سطح القمر تعادل مساحة أفريقيا كتلته ١ :٨٠ من كتله الأرض .
- درجة الحرارة عند خط الاستواء نهارا ١٢٧ درجة مئوية وتنخفض بسرعة في المساء إلى – ١٥٣° م .
- لا يوجد فصول على سطح القمر لأن المحور القطبي يميل ١/٢ ١ على دائرة البروج .

## حركة القمر في مداره :

لقد ساعد التغير في أطوار القمر منذ ميلاده في بداية الشهر العربي وحتى طور المحاق في نهاية الشهر العربي ، الناس منذ آلاف السنين على قياس الزمن . ويأخذ القمر أطوارا مختلفة أثناء تحركه في مداره

حول الأرض من الغرب إلى الشرق ، تماما مثل دوران الأرض حول الشمس.

تسقط أشعة الشمس على سطح القمر متوازية ، لتضيء نصف هذه المساحة تقريبا ، ويظل النصف الباقي مظلما . ولكن المساحة المرئية من الأرض تختلف عن ذلك . حسب وضع القمر في مداره حول الأرض . ويبين شكل (١٧) أطوار القمر حيث يمثل الوضع ( ١ ) ميلاد الهلال ، وهي لحظة عالمية بالنسبة لمركز الكرة الأرضية لا يمكن رؤية الهلال فيها . والوضع ( ٢ ) يمثل طور الهلال ، ويمثل الوضع ( ٣ ) طور التربيع الأول ثم الأحدب ويمثله الوضع (٤ ) ، ثم البدر ويمثله الوضع ( ٥ ) ، ثم الأحدب الثاني ويمثله الوضع ( ٦ ) ، ثم التربيع الخير في الوضع ( ٧ ) . ثم هلال آخر الشهر ، ويمثله الوضع ( ٨ ) .

فإذا كانت $\varphi$ هي الطور القمري ، وكان أكبر الأجزاء إضاءة عرضه $d'$ وكان قطر القمر $d$ فإن :

$$\varphi = d' + d$$

## مدار القمر حول الأرض

يدور القمر في مداره حول الأرض بسرعة متوسطة قدرها ١ كم / ث . ومداره بيضاوي الشكل لا مركزيته ٠,٠٥٤٩ (٠,٠٤٤ ( ٠,٠٦٦ ) أو ١ : ١٨ . ومتوسط طول القطر الأكبر ٣٨٤ الف كيلو مترا وتقل هذه المسافة ٢١ الف كيلومترا عندما يكون القمر في نقطة الحضيض ، وتزداد بنفس المسافة في نقطة الأوج .



يميل مستوى مدار القمر حول الأرض على مستوى مدار الأرض حول الشمس ٩ ٥° . وتسمى دورة القمر الكاملة حول الأرض بالشهر النجمي Sidereal Month = 27.33 يوما شمسيا متوسطا . وبعد انقضاء هذه المدة

يحتل القمر نفس النقطة في مداره بالنسبة لنجم معين . وتعتبر حركة القمر في مداره معقدة لسببين :

١- القلقلة في حركة القمر عظيمة جدا .

٢- القمر قريب من الأرض ، ولذلك فهو يغطي عددا كبيرا من الأجسام البعيدة التي ترصد من الأرض . ولهذا تتغير كل عناصر المدار باستمرار ومنها ميل مستوى المدار الذي يتراوح بين ٢٠ ٥ً و٥٨ ٤ً في مدى نصف سنة ، وكذلك بالنسبة لبقية عناصر المدار التي تتخذ مئات القيم خلال دورات كثيرة . وهذا ما يجعل دراسة مواقع القمر من أعقد المشكلات في الميكانيكا السماوية .

وتصنع عقد الطول القمرية الصاعدة ( العقدة هي نقطة تقاطع مدار القمر مع مدار الأرض ) إزاحات قرنية ، فتنزاح العقدة على دائرة البروجي باستمرار تجاه الغرب محققة دورة كاملة كل ١٨ سنة و سبعة أشهر ( أي ٦٧٩٣ يوما شمسيا متوسطا ) كما تتحرك نقطة حضيض القمر ناحية الشرق محققة دورة كاملة كل تسع سنوات (٣٢٣٢ يوما متوسطا ) . وتبلغ إزاحة العقدة القمرية كل دورة للقمر حول الأرض ١,٥ درجة قوسية ، ولهذا لا يعود القمر أبدا إلى نفس النقطة التي بدأ منها ، وفي كل دورة تالية يتخذ القمر مسارا جديدا . وحينما تتم العقد دورة كاملة على دائرة البروج حول الشمس كل ١٨ سنة و٧ أشهر يحتل المدار القمري نفس موقعه السابق .

وتؤثر حركة العقد تأثيرا ملحوظا على ظروف رؤية القمر ، فحينما تقع العقدة القمرية الصاعدة مع نقطة الاعتدال الربيعي ، فإن مدار القمر يقع داخل الزاوية بين خط الإستواء السماوي والبروجي ، وبالتالي تبلغ الزاوية



بين مدار القمر وخط الاستواء السماوي في هذه الحالة ٣٦ ٢٨ ( ٩ ٥ + ٢٧ ٢٣ ) . فإذا وقعت العقدة الهابطة القمرية على نقطة الاعتدال الربيعي فإن مدار القمر يقع داخل الزاوية بين خط الاستواء السماوي والبروج بزاوية ١٨ ١٨ ( أي ٢٧ ٢٣ - ٩ ٥ ) . وهكذا يتغير ميل مدار القمر في خلال شهر واحد من ٣٦ ٢٨ إلى - ٣٦ ٢٨ في الحالة الأولي ، ومن + ١٨ ١٨ إلى - ١٨ ١٨ في الحالة الثانية .

يسمي الخط الذي يفصل بين النور والظلام على سطح القمر بالحد الفاصل . Terminatorوهو يعتبر شبه بيضاوي ، وتسمي الزواية ψ المحصورة بين أشعة الشمس وبين اتجاه القمر إلى الأرض بزاوية الطور .Phase Angleوفي وقت ميلاد القمر تبلغ هذه الزاوية ١٨٠ ، وهو وقت الاقتران ، ولا يري فيها القمر لأن وجهه المظلم يواجه الأرض وحينما تبلغ هذه الزاوية ٩٠ درجة ناحية الشرق من الشمس يكون القمر في التربيع الأول وبعد ٧ أيام يصير القمر بدرا حينما تكون ψ = صفرا .

### الدورات القمرية :-

نتيجة لحركة القمر المعقدة ، فإن الشهر القمري المعروف يتراوح طوله ما بين ٢٩,٢٣ يوما أي ٥٤ ثانية ٣٢ دقيقة ٥ ساعات ٢٩ يوما وبين ٢٩,٨٣ يوما أي ١٢ ثانية ٥٥ دقيقة ١٩ ساعة ٢٩ يوما ، بما يعطي متوسطا لطول الشهر القمري قدره ٣ ثواني ٤٤ دقيقة ١٢ ساعة ٢٩ يوما . وذلك ما يحقق على مدى ١٢ شهرا سنة قمرية قدرها ٣٥٤,٥٣٠٥٩ يوما . وهو ما يعرف باسم السنة الإقترانية Synodical Year وهناك ما يعرف باسم السنة التنينية Dragon Year ويبلغ طولها ٣٤٦,٦٢ يوما وهي الفاصل الزمني الذي ينقضي بين مرور الشمس في عقدتين قمريتين متتاليتين .

**وهناك أنواع أخرى من الشهور القمرية هي :**

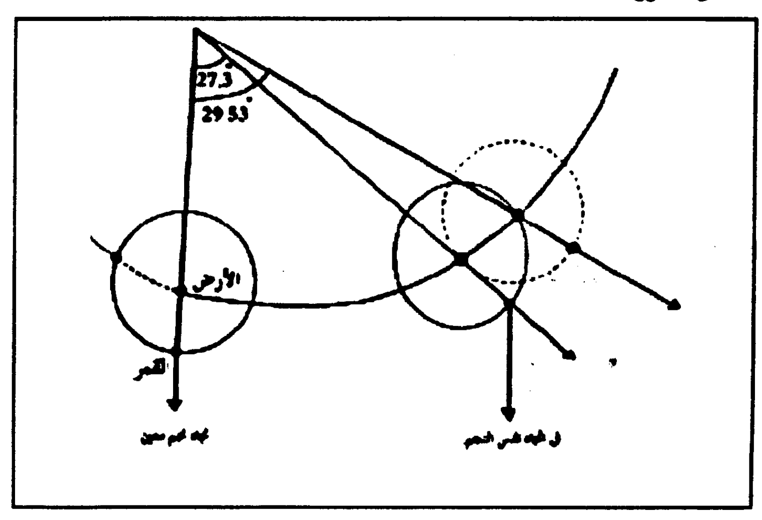
١- الشهر النجمي = ٢٧,٣٢١٦٦١ يوما أي ١١,٥ ثانية ٤٣ دقيقة ٧ ساعات ٢٧ يوما .

٢- الشهر الحاصى = ٢٧,٥٥٤٥٥٠ يوما أي ٢٣,١ ثانية ١٨ دقيقة ١٣ ساعة ٢٧ يوما .

٣- الشهر العقدي = ٢٧,٢١٢٢٢٠ يوما أي ٣٥,٨ ثانية ٥ دقائق ٥ ساعات ٢٧ يوما .

## الحركة الظاهرية للقمر :

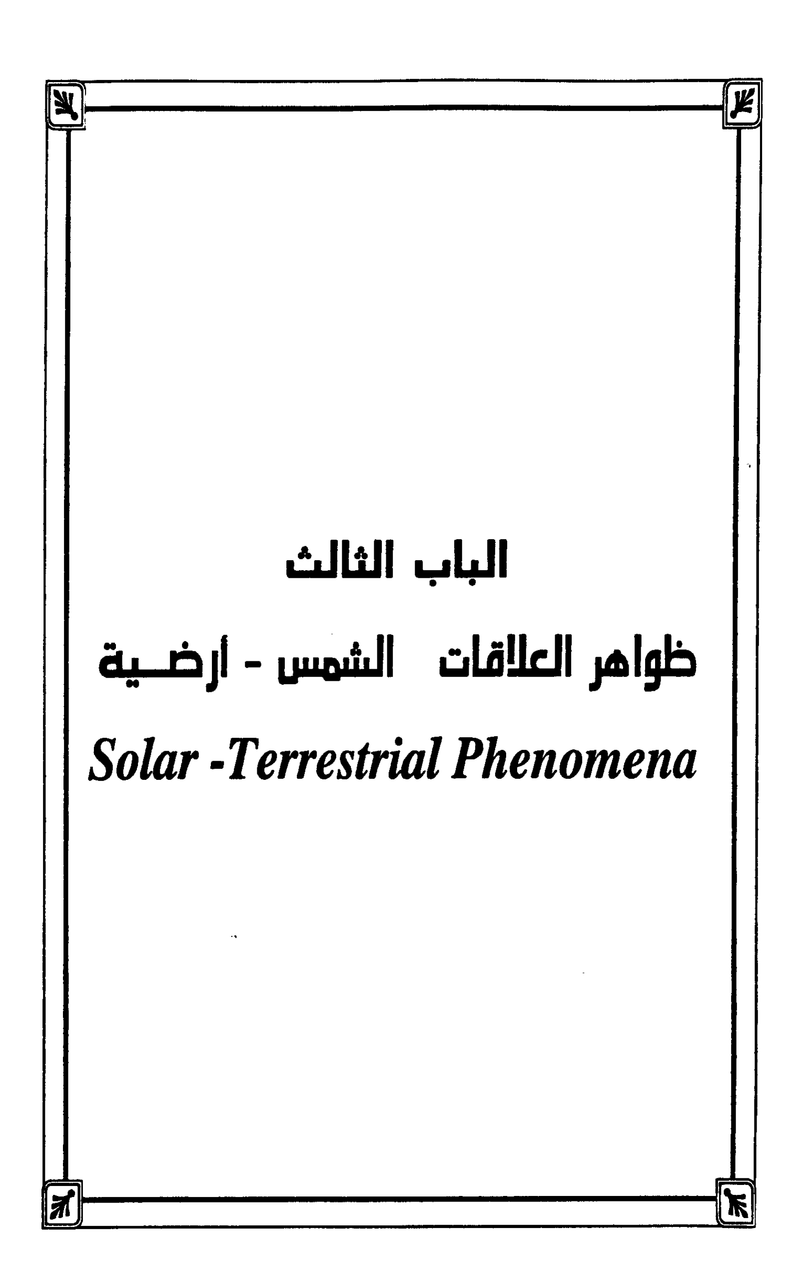
إذا تتبعنا حركة القمر بين النجوم نجد أنه ينزاح مسافة تعادل قطره الزاوي ( ٣٢ دقيقة قوسية ) تجاه الشرق في مدى زمني قدره ساعة. وخلال يوم ينزاح ١٣,٢° ( في نصف الكرة الشمالي ) ولهذا فهو يتأخر في شروقه وغروبه ٥٠ دقيقة تقريبا كل يوم ، ويرسم دائرة على صفحة السماء ليعود لنفس النجم في ٢٧,٣٢١٦٦١ يوما وهو الشهر النجمي . وخلال هذا الشهر النجمي يزداد المطلع المستقيم $\alpha C$ وخط الطول $\lambda C$ باستمرار حتى تكتمل الدورة .




شكل (١٨) - الإزاحة اليومية للقمر

ولنفترض في لحظة معينة أن خط طول القمر كان مماثلا تماما لخط طول الشمس ولخط طول نجم ثابت شكل (١٨) ، فلسوف يمر ٢٧ وما و ثلث ليتم القمر دورة كاملة حول الأرض ليعود لنفس النجم ، وسوف تتحرك الشمس ناحية الشرق ٢٧° بمعدل درجة واحدة تقريبا في اليوم ولكن القمر سيتحرك ١٣° في اليوم . ولذلك يسبق القمرُ الشمسَ ١٢° كل يوم . أذن ٢٧° من الشمس كل شهر يتخطاها القمر في ٢٧ - ١٢ = ٢,٢٥ يوما مبكرا . ويتحقق الاتفاق التالي بين الشمس والقمر في خط الطول بعد ٢٧ ١/٢ + ٢ ١/٤ = ٢٩,٥٣٠٥٨٨١٨ يوما ، أي ٢,٨ ثانية ٤٤ دقيقة ١٢ ساعة ٢٩ يوما وهو ما يسمي بالشهر الإقتراني .

وحيث أن مدار القمر يميل على مدار الأرض ٩ ٥° فإن مدار القمر يتقاطع مع مدار الأرض حول الشمس في نقطتين تسميان بالعقدتين القمريتين . Luner Nodes وتسمي العقدة التي يأتي منها القمر من نصف الكرة الشرقي من الغرب تجاه الشمال العقدة الصاعدة Ω Ascending Node وتسمى العقدة من الغرب تجاه الشمال العقدة الهابطة δ Descending Node والخط الذي يمر بين العقدتين ومركز الشمس يسمي خط العقد . Node Line ومن السهل معرفة أن العقد القمرية تنتقل على طول البروجي لتكمل دورة كاملة كل ١٨,٦ سنة ناحية الغرب . ويقل خط طول العقدة الصاعدة ٢٠° كل عام بمعدل ١,٥ كل دورة قمرية .



# الباب الثالث

# ظواهر العلاقات الشمس - أرضـية

# *Solar -Terrestrial Phenomena*

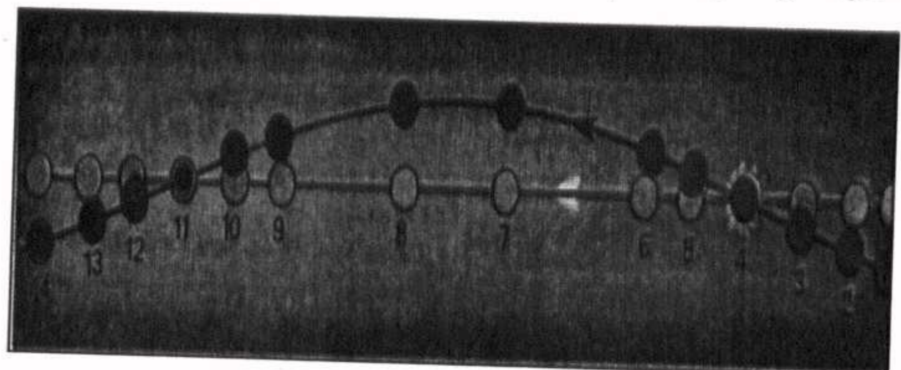
## خسـوف القمـر Lunar Eclipse

خسف - ( خسف ) المكان .... ذهب في الأرض ، وخسف الله به الأرض أي غاب فيها ، ومنه قوله تعالى " فخسفنا به وبداره الأرض " . وتعبير الخسوف ينطبق تماما على ما يحدث للقمر حينما يغيب في ظل الكرة الأرضية أثناء دورانه حولها ، كون هذا الظل على شكل مخروط يحيط بنصف الكرة الأرضية البعيد عن الشمس كما في شكل(٢٠) . ولهذا يحدث الخسوف حينما يكون القمر بدرا قريبا من إحدى العقد القريبة الناتجة عن تقاطع مستوي مدار القمر ( المنازل ) مع مستوي مدار الشمس ( دائرة البروج ) . فإذا كان القمر على مسافة خمس درجات قوسية ، فإن القمر يدخل بأكمله في ظل الأرض ، وهنا يحدث الخسوف الكلي للقمر . وإذا كان القمر على بعد أكثر من ١١ درجة قوسية من العقدة القمرية فإن القمر يقع في شبة ظل الأرض ، وعند ذلك يحدث إضعاف لضوء القمر ، ويمكن ألا خسوف بصورة ملحوظة .

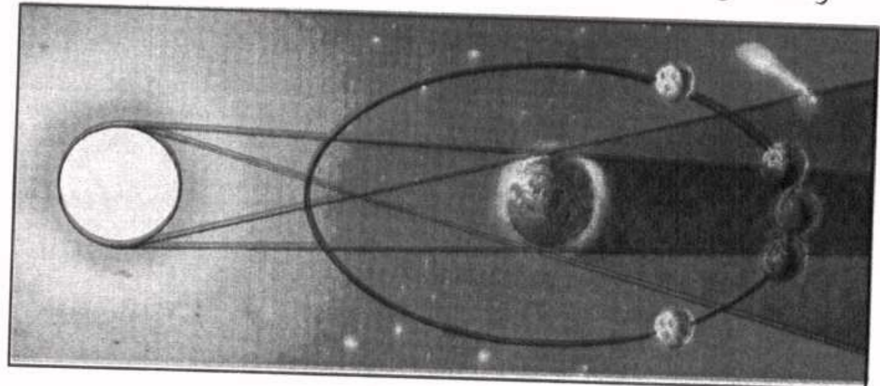
ويبدأ الخسوف باقتران حافة القمر الشمالية بظل الأرض ، وحينما يكتمل الخسوف يتعتم وجه القمر ويستحيل إلى لون قاتم الحمرة بصورة تشبه تغلغل ضوء الشمس لبعض السحب القاتمة في الغلاف الجوي . وقد يصل زمن الخسوف الكلي للقمر في بعض الأحيان إلى ما يقرب من ساعة وثمان وأربعين دقيقة ، ولكن كل أطوار الخسوف منذ أن يقترن القمر بشبة ظل الأرض ثم دخوله منطقة الظل ثم منطقة شبه الظل مرة أخرى قد تستغرق ما يقرب من ثلاث ساعات وثمان وأربعين دقيقة .

وكقاعدة ... يحدث الخسوف بمعدل مرة أو مرتين سنويا . وقد لا يحدث في بعض السنوات. ويرى الخسوف ، حينما يحدث ، في كل أنحاء نصف الكرة الأرضية المظلم حيث يكون القمر في ذلك الوقت واقعا فوق

الأفق في أوقات الخسوف . وقد لوحظ أن الخسوف يتكرر بنفس الشكل والأطوار مرة كل $\frac{1}{3}$ ٦٥٨٥ يوما ، يحدث خلالها الخسوف بأشكال متغايرة ٢٨ مرة . ممايساعد على معرفة المواعيد المقبلة للخسوف ، بدقة تؤدي إلى معرفة اليوم ، ولكن الأمر يحتاج إلى حسابات أدق لمعرفة ساعة ومكان حدوثه ، وذلك باستخدام حسابات حركة القمر في مداره حول الأرض .




شكل (١٩) - مولد القمر الجديد يتم أمام النقاط ١ -٢ - ٦- ٧- ٨- ٩ - ١٣- ١٤ أما النقاط ٣- ٤- ٥- ١٠ -١١-١٢ فيقع عندها الخسوف بكل أنواعه . والنقطتان ٤ - ١١ تمثلان العقدتين القمريتين ، الصاعدة والهابطة .



شكل (٢٠) - خسوف القمر ، كلي في وسط مخروط ظل الأرض . جزئي في منطقتي شبه ظل الأرض .

منذ ألفين وثلاثمائة سنة ، لعب خسوف القمر دورا هاما في حرب القائد اليوناني " نيقياس " مع أهالي " سيراقوزة " في جزيرة صقلية ، حين أحاط جنوده بالمدينة ، وحاولوا أن يشقوا طريقهم إليها ، لكن الأهالي دافعوا عن مدينتهم دفاعا مستميتا ، مما اضطر " نيقياس " أن يعود إلى اليونان بعد يأسه من هزيمة أهالي"سيراقوزة ". وقرر نيقياس الانسحاب بجنوده ليلا . وعلى ضوء القمر حاولوا الإبحار بسفنهم إلى اليونان ، ولكن حدث أن انخسف القمر ، فمنع ذلك عملية الانسحاب لخوفهم من الظلام. فخرج أهالي " سيراقوزة " في ذلك الوقت وهاجموهم وهزموهم شر هزيمة . وأسر نيقياس وقتل ، مما أدى إلى سقوط اليونان .

وفي أول يناير سنة ١٥٠٤ م وقع خريستوفر كولومبوس ورجالة في قبضة الهنود. ورفض الهنود إمدادهم بالطعام ، رغبة في التخلص منهم . وكان كولومبوس فلكيا ماهرا يتابع الظواهر الفلكية ويقوم بالحساب لها . وعلم أن الخسوف سيحدث في اليوم التالي فاستغل هذا الحدث لصالحه وقام بتهديد الهنود بما سيصيب القمر إذا منعوا عنهم الطعام. وتشكك الهنود في بادئ الأمر ، ولكن رؤيتهم للخسوف أكد لهم أن ما يحدث للقمر هو من سوء معاملتهم لكولومبوس ، فبدءوا يتوسلون له لإعادة القمر إلى حالته . فوعدهم بالمساعدة على أن يمدوه بالطعام طيلة إقامتهم بالجزيرة . وانتهي الخسوف كما أخبرهم تماما . فكان لذلك أمر عظيم في أن يملك كولومبوس زمام السيطرة عليهم .

ولقد كان الكسوف منبعا للتشاؤم في نفوس القدماء . وربما أُعزي لذلك هزيمة اليونانيين أمام أهالي "سيراقوزة" أثناء حدوث الكسوف . وكان الهنود في إحدى قبائل أمريكا الجنوبية يضربون بشدة في الأرض بالفئوس كلما حدث خسوف القمر ، مظهرين النشاط لأنهم كانوا يظنون أن الخسوف هو مظهر للقمر الغاضب من كسلهم .

## الكسـوف

أصبحت ظاهرة الكسوف من الظواهر التي يستفيد منها الفلكيون في ضببط العناصر الأخرى لمدار القمر ورفع مستوى الدقة في قيمها .

ويحـدث الكسـوف دائـمـا عندمـا يولد الهـلال الجـديد ، أي في اللحظة التي يعبـر فيهـا مـركـز القمـر الخط الواصل بين مركـزي الشـمس والأرض ، والذي يعـرف بخط الإقتـران. وكلمـا زادت مسـاحة الجـزء المغطي من قـرص الشمس بظل القمـر كلمـا نمَّ ذلك على أن الراصـد قريب من مـحور مـخروط الظل الناشئ عن احتجاز القمر لأشعة الشمس .

يتـحـرك ظل القـمـر الممـتد إلى سطح الأرض بسـرعـة ٥,٠ كم /ث من جـهـة الغـرب تقـريبـا إلى جـهـة الشـرق ، بعـرض ٢.. كم ، وبطول عـدة آلاف الكيلومـتـرات . فـإذا جـاء مـركـز الكسـوف في وسط النهـار ، فـإن ظل القـمـر يتقـدم على الأرض غـربا عند شـروق الشـمس ويتـركـهـا خـلال عدة سـاعـات شرقـا عند غروبهـا فإذا أزيح مـركز الكسـوف عن وسط النهار فـإن الشمس قد تشرق كاسفة ،أو قد تغرب كاسفة تبعا لمقدار هذه الإزاحة.

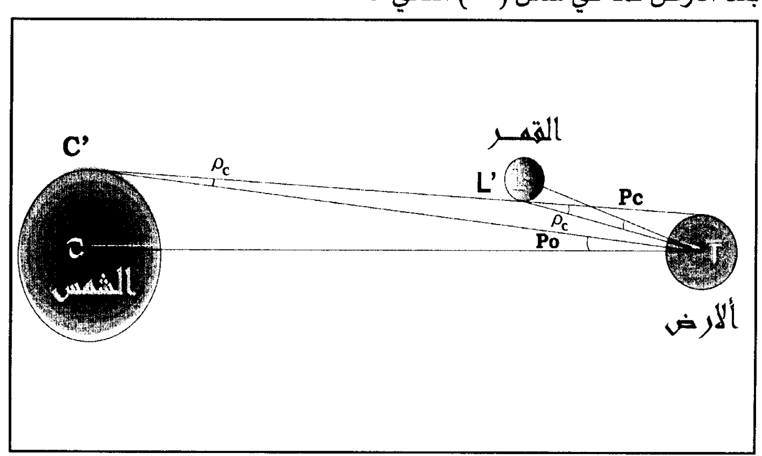
القطـر الخطـي للقـمـر أقل من القطر الخطـي للشـمس ٤.. مـرة . وهي نفس نسبة بعد الأرض عن القمـر إلى بعد الأرض عن الشمس . ولهذا يبدو القطر الزاوي لقـرص القـمـر ( ٥ ٣١َ ) مـسـاويا للقطر الـزاويّ لقـرص الشـمس ( ٥٩ ٣٢ ) . فـإذا كـان مـدار القمـر دائريا ومـدار الأرض دائريا كذلك ، لكنا قد رأينا حافة الشمس في شكل قرص لامع مستدير .

حينمـا يقع القمر في نقطة الحضيض يصل قطره المرئي إلى ٤٢ ٣٢ وفي نقطة الأوج إلى ٢٠ً ٢٩ . وأقـصى قـيـمـة لقطـر الشـمس في أول ينـاير ( الحضيضـض ) ٢٦ ٣٢ وفي يولية ( الأوج ) ٤١ ٣١ . ولهـذا

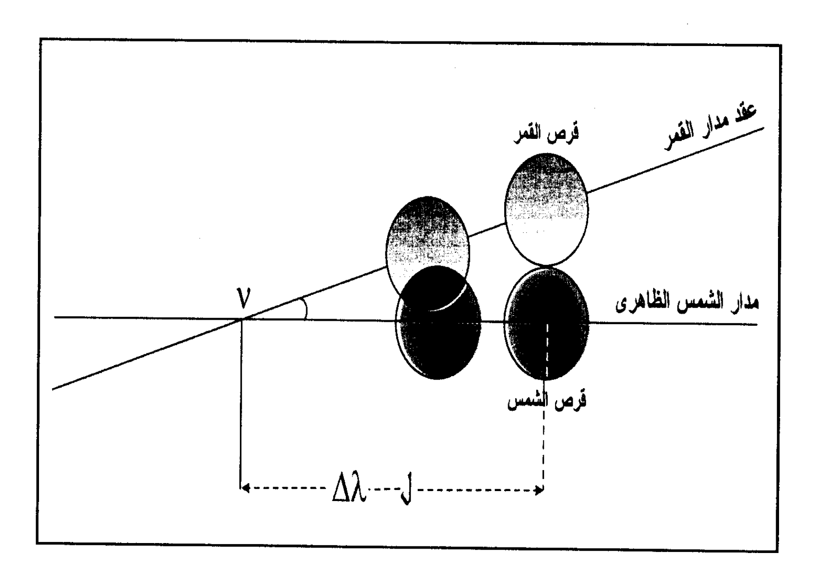
حينما يقع القمر عند ميلاده قريبا من نقطة الحضيض يحدث الكسوف كليا ( استمراريته قد تبلغ ٧ دقائق ) . وإذا وقع القمر في الأوج عند الميلاد فإن الكسوف يصبح حلقيا.وما بين هذا وذاك يكون الكسوف جزئيا. علما بأن الكسوف يكون جزئيا أيضا في المناطق الواقعة قريبا لمواقع حدوثه كليا أو حلقيا .

## الظروف المصاحبة للكسوف

إذا كان القمر يدور حول الأرض في مدار ينطبق على مدار دوران الأرض حول الشمس فإن الكسوف لابد أن يحدث مرة كل شهر عند كل ميلاد جديد للهلال . ويقع ظل القمر دائما على الأرض . ولكن لأن مستوي مدار القمر يميل على مستوى مدار الأرض ٩ ٥ في المتوسط ، لهذا لا يحدث الكسوف إلا إذا كان ميلاد الهلال قريبا من البروجي أو الدائرة الكسوفية خلال أو قريبا من إحدى عقدتي المدار ، و إلا سيقع الظل قبل أو بعد الأرض كما في شكل (٢١) التالي :




شكل (٢١) - شروط و ظروف حدوث الكسوف




شكل (٢٢) - في أثناء القمر الجديد إذا كانت ل أقل من ١٦,٥ درجة تدخل الأرض في مخروط القمر ويحدث الكسوف الجزئي .

يقع الكسوف في حالة ما إذا كانت الشمس والقمر واقعين في وقت واحد قريبا من عقدة المدار القمري ،وليس من الضروري أن يكون القمر في العقدة ذاتها . ولكن يمكن أن تبدأ من مسافة Δλ قبل العقدة و Δλ بعدها ،وتبين الحسابات أن Δλ = ١٦,٥ .

فإذا كانت المسافة بين الشمس والعقدة أقل من Δλ فإن الأرض ستدخل في مخروط شبه الظل القمري ، وهنا يحدث كسوف جزئي . ولذلك يكون هناك منطقتان طولهما ١٦,٥ × ٢ = ٣٣ درجة يحدث فيهما الكسوف . تسمي الزاوية β = LTC خط العرض البروجي الأرض - مركزي . Geocentric Ecliptical Latitude فإذا قلت هذه الزاوية عما هو في شكل (٢١) يحدث الكسوف، وفي هذه الحالة نجد آن :

$\beta = <LTL' + <L'TC + <C'TC = \rho_c + \rho_☼ + P_c - P_☼$

وحيث. أن $\rho_c$ = ١٥,٥َ ، $\rho_☼$ = ١٦,٣َ ، $P_c$ = ٥٧َ ، $P_☼$ = ٨,٨َ

ولهذا تبلغ β = ٨٨,٧َ ويبدأ حدوث الكسوف بكل مراحله منذ أن تقل β عـــن ٨٨,٧َ

ويمكن أيجاد ، L Δ من المثلث الكروي ع L Ω وبتطبيق معادلة الأجزاء الأربعـــة جتـــا (الضلع الداخلي ) × جتا ( الزاوية الداخلية ) = جا (الضلع الـــداخلي ) ظتـــا (الضـــلع الآخـــر ) - جا ( الزاوية الداخلية ) ظتا ( الزاوية الأخرى )

جتا L Δ جتا ٩٠ = جا L Δ ظتا β - جا ٩٠ ظتا i

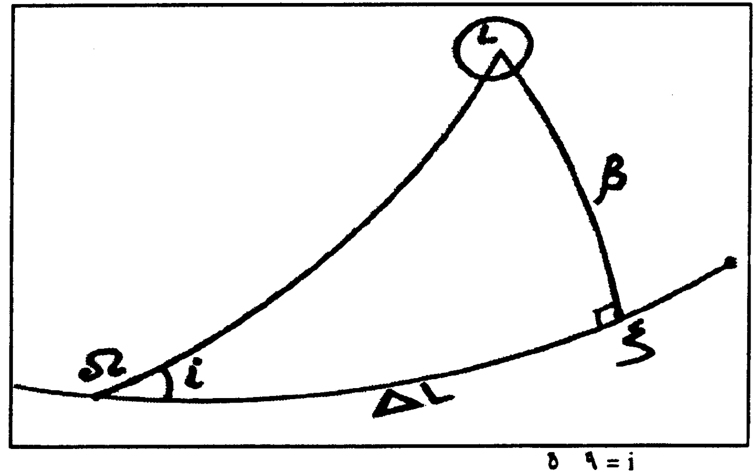
صفـــــــر = جا L Δ ظتا β - ظتا i

ظتا i = جا L Δ ظتا β

جا L Δ = ظتا i ÷ ظتا β

= طا β ÷ ظا I

فإذا كانت β = ٨٨,٧َ




i = ٩ ٥

∴ ΔL = ١٦,٥

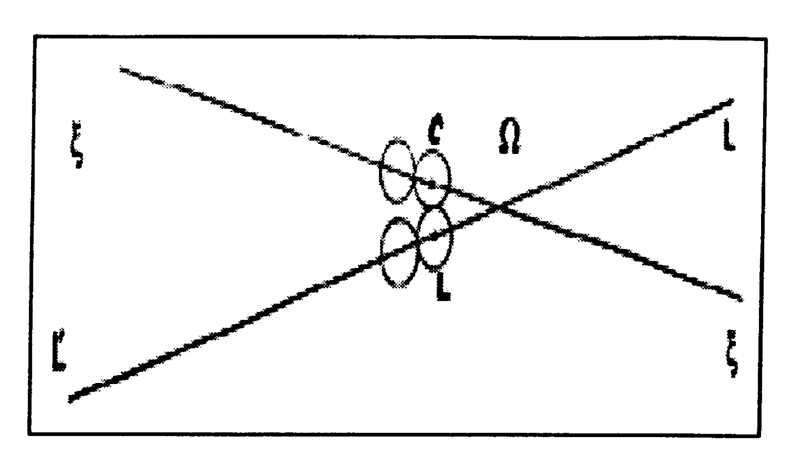
شكل (٢٣) - المثلث الكروي الخاص بالقمر

أي أن النطاق الذي يحدث فيه الكسوف حول العقدة يبلغ ٤٣ وحيث أن الشمس تزحف ٥٩ يوما ، فإن ٤٣ تزحفها الشمس في ٣٤ يوما . وهي فترة يولد خلالها قمران جديدان لأن الهلال الجديد يولد بعد ٢٩ يوما ونصف من ميلاد الهلال الأول ، ولهذا لابد أن يحدث كسوفان على الأقل بالقرب من كل عقدة على مدار القمر .

يعتمد شكل وملامح الإكليل الشمسي أو الهالة الشمسية بشدة على درجة نشاط البقع الشمسية . فهي تمتد أساس إلى الخارج من جهتي خط استواء الشمس ، مع بعض التمديدات القصيرة من جهة القطبين . وحينما يزداد النشاط الشمسي ، ينمو الإكليل ليحيط كلية بالقرص الشمسي . وقد تمتد الهالة إلى أكثر من ثلاثة أقطار شمسية في حلقة جميلة المنظر . ومن أجمل المناظر التي تشاهد في كل كسوف كلي هو ذلك الانطباع الذي يرتسم على وجوه الأحياء في مواقع الكسوف الكلي .

## أساسيات رياضية عن خسوف القمر .

إذا كانت النقطة C تمثل مركز ظل الأرض الذي يبلغ قطره الزاوي ٤١ ´في متوسط مسافة القمر ، L مركز القمر 'LL مدار القمر الذي يتحرك عليه المركز L ونصف قطره الزاوي ١٥,٥. حتى يحدث الخسوف القمري لابد أن تكون المسافة بين مركز ظل الأرض ومركز القمر أقل من ١٥,٥ +٤١´ = ٥٦,٥´ ومن الثلث الكروي القائم الزاوية $C L \Omega$



شكل (٢٤) - تأثير ميل مدار القمر على مدار الأرض

وبالتالي يحدث الخسوف إذا بعد مركز ظل الأرض عن العقدة القمرية، قبلها أو بعدها، بأقل من ١٠,٦ ْ وحيث أن ظل الأرض يتحرك على البروجي بسرعة ٥٩ في اليوم .

إذن ١٠,٦ ْ يقطعها القمر في ١٠,٨ يوما ، ويقطع ٢١,٢ ْ قبل وبعد العقدة في ٢١,٦ يوما . وهو ما يجعل الخسوف القمري نادر الحدوث ، وقد لا يقع مرة واحدة خلال نصف عام ، وأقصى تكرار له مرتين أو ثلاثة ، فقد يحدث الأول بعد أول يناير ، والثاني في نهاية يونيه والثالث في نهاية ديسمبر .

## بيانات متعلقة بالكسوف والخسوف

١- المسافة بين الأرض والقمر تتراوح بين ٣٦٩٢.. كم و٤٠٠٧.. كم المسافة المتوسطة ٣٨٤٤.. كم طول ظل القمر يتراوح بين ٣٦٦٩.. كم و ٣٧٩٨.. كم

٢- عدد الكسوفات والخسوفات سنويا :

( أ ) أقصي ما يمكن أن يحدث منها ٧ :-

١- خسوفان قمريان و ٥ كسوفات شمسية ٢- أو ٣ قمرية و ٤ شمسي ففي الحالة الأولي يحدث كسوفان بينهما خسوف في بداية السنة ، وفي نصف السنة يحدث كسوفان بينهما خسوف،والكسوف الخامس يحدث في نهاية السنة.

في الحالة الثانية يحدث الخسوف أولا في بداية العام ثم يليه كسوف ، وفي منتصف السنة يحدث كسوفان شمسيان بينهما خسوف، وفي نهاية السنة يحدث كسوف يليه خسوف ، وهذه الظروف نادرة جدا .

(ب) أغلب الحالات وقوعا هي كسوفان شمسيان وخسوفان قمريان .

(ج) أقل الحالات وقوعا أن يحدث كسوفان شمسيان فقط في السنة .

هذا النظام السابق يتكرر كل فاصل زمني يسمي دورة ساروس Saros وهي كلمة مصرية قديمة تعني التكرار ، وهذا الفاصل الزمي يبلغ ١٨ سنة و ١١,٣ يوما أو ١٨ سنة ١١ يوما و٧ ساعات و ٤٢ دقيقة وفي خلال هذه الفترة يحدث ٧١ كسوفا وخسوفا ، ٤١ كسوفا شمسيا و ٢٩ خسوفا قمريا . ويكون الكسوف فيها كليا ١٠ مرات فقط ولا يتكرر الكسوف الكلي في المكان الواحد إلا مرة كل ٢.. -٣.. سنة .

٣- ١٩ سنة كسوفية = ٦٥٨٥,٧٢٠٦ يوما

٢٢٣ شهرا عاديا = ٦٥٨٥,٣٢١١ يوما

٢٤٢ شهرا عقديا = ٦٥٨٥,٣٥٧٢ يوما

٢٣٩ شهرا خاصا = ٦٥٨٥,٥٣٧٤ يوما

٤- دورة الإينيكي Inex Period

هي فاصل زمني قدره = ٢٣٥ شهرا اقترانيا = ٦٩٣٩,٦٩ يوما = ١٩ سنة شمسية تماما .

## حاضر القمر ومستقبله :

منذ ما يقرب من عشرين عاما ، انتزع رائد الفضاء أيوجين كرنان قدمه ذات الحذاء القمري من تربة القمر إلى سلم المركبة القمرية ، منهيا بذلك اتصال الإنسان المباشر بالقمر . وحينما هبطت أبو للو ١٧ في مياه الباسفيك بعدها بثلاثة أيام ، كان التمثيل الدبلوماسي للأرض لدي القمر قد انتهي وبلا رجعة حتى الآن . وبذلك عادت للقمر أو تأكدت سمعته السيئة كعالم ميت .

لقد مشي على سطح القمر أربعة وعشرون قدما ، ما بين عامي ١٩٦٩ و ١٩٧٢ . قضوا جميعا وقتا كليا يقترب من الأسبوع ، حيث ترك الزائرون المؤقتون للقمر خلال هذا الأسبوع أجهزة من أحدث ما ابتكرته التكنولوجيا الحديثة .

وقد نفق مشروع أبوللو نفوقا ماليا ، قبل أن تتحقق فيه آمال البشرية في كشف الغموض الذي يكتنف ذلك التابع الوفي . وكان من المقرر لأبوللو ١٨ و ١٩ و٢٠ أن تقوم بالهبوط وإنزال أجهزة وإنسان على مواقع متميزة ومتعززة ، مثل الفوهات المسماه باسم شعاع تيكو اللامع ، وفوهة كوبرنيكوس العملاقة . وهما فوهتان متميزتان بقمة مركزية بارزة الأقدام في فراغ سماء القمر . لقد بقي القمر أو معظمه دون استكشاف . وكان من الصعب لمس تلك القمم البارزة ، وظلت المناطق القطبية غير مرئية ، والجانب الأخر لم تطأه حتى الآن قدم لمخلوق .



وبقيت الأسئلة الحائرة تلح على البشرية ، فما زلنا لا نعرف : هل للقمر نواة سائلة أو لا ؟ . ولماذا تغطي القمر من جانبه الخفي ، قشرة أسمك من التي تغطي الجانب المرئي ؟ وما هي حقيقة النقاط الساخنة ؟ . وهل هي آبار طافية غازية تؤدي إلى باطن قمري مازال يتميز بالنشاط ؟ . وهل يخبئ القمر ثلجا متجمدا بالقرب من القطبين أو تحت السطح بعيدا عن متناول وتأثير أشعة الشمس ؟ . وحتى تدب الحياة من جديد في المرحلة القادمة المؤجلة من أبوللو أو من أي أبوللو آخر ، لنجتهد ونستعرض ما يمكن أن نفعله حتى ذلك الحين .

والآن ... أصبحت أبوللو في ذمة التاريخ ... مجرد أوصال مفككة مودعة في أغوار الذاكرة التاريخية . ورغم هذا فقد جعلتنا نغير نظرتنا للقمر . فهذه الكرة الصخرية البعيدة التي لم تكن في نظرنا إلا مجرد ضوء بارد في سماء الليل ، أصبحت لنا جد مألوفة . ومن خلال التلفزيون سبح خيالنا فوقفنا موقف رواد الفضاء ، نرقب خليطا من الأشباح الفضائية ونعبر سطح القمر ، نجرى التجارب ونقطع الصخور ، ونلتقط الصور مثل السائحين ، ونحفر الحفر ، ونتجول ، وقد نقع . فقد رأينا الرجال يسوقون عربتهم عبر قلاقل القمر يتحسسون التراب مثل المغامرين الذين يتبعون الأثر في صحراء الكرة الأرضية .

وقد تحدثنا عن أجهزة أبوللو التي نزلت في بحر الهدوء ، ومحيط العواصف كما لو كان هذا يحدث في قارة أخرى من قارات الأرض . وكدنا نصور أنفسنا متجولين في الأرض الجديدة ، مكتشفين غرائبها ، قافزين بلا صعوبة في جاذبيته الضعيفة ، فعرفنا في هذا الشخص الذي يسير على سطح القمر أنفسنا .



وحتى تكتمل واقعية الخيال ، فإننا نستطيع أن نتواجد في مكان واحد مع ما مقداره ٨٤٣ رطلا من صخور قمرية أحضرتها أبوللو الأمريكية . ومع ما يقرب من ١٥٠ كيلو جراما أحضرتها لوناخوذ السوفيتية الأوتوماتيكية ، والتي استطاع كثير من الذين لم يصعدوا أو يهبطوا على سطح القمر أن يروها رأي العيان . وقد وجد العلماء أن هذه الصخور تتكون من نفس مادة صخور الأرض ، ولكن بنسب مختلفة . فالفاتح اللون منها غني بالكالسيوم والألومنيوم ، بينما الداكن يحتوي على كميات أكبر من التيتانيوم والحديد والماغنسيوم .وبتحليل هذه الصخور تبين أن نسب المواد فيها كالآتي :-

| | | |
|---|---|---|
| ٤٠٪ أكسجين | ٢٠٪ سيليكون | ١٢٪ ألومنيوم |
| ٦٪ تيتانيوم | ٤٪ حديد | ٣٪ ماغنسيوم |

وهنا يتبادر إلى الذهن أن القمر ربما يلعب دور المنْجَم الذي يمد الأرض بحاجتها من المعادن ، حينما ينضب معين الأرض ، ويرتفع سعر معادنها بالدرجة التي يصبح فيها إرسال أبوللو المؤجلة أمرا غير باهظ التكاليف .

وسوف تحتاج الصناعات الأولية على سطح القمر مثل التنجيم ، إلى عدد قليل من العمال ، في حدود ٢٥ شخصا في مواقع متعددة ، يتناوبون العمل على سطح القمر ، ويستبدلون بغيرهم كل أربعة أشهر . وقد أثبتت التجارب أن الزجاج والسيراميك يمكن أن يصنع من تربة القمر ، لخدمة أغراض كثيرة . فالمناجم تحتاج إلى نظام عمالي قد يتطلب وجود الزوجات والأزواج والأطفال والأطباء والمدرسين والطباخين وفنيي أجهزة التكييف . وحتى البوليس سوف يكون ذا فائدة نظرا لأن الإنسان ينتقل إلى القمر بكل صفاته الطيبة الظاهرة ، والسيئة الخفية .

وتتطلب الحياة على القمر بناء مدن أكثر راحة ذات مساكن على هيئة قباب تحت سطح القمر لها قدرة هائلة على مقاومة الشهب والنيازك التي تتساقط باستمرار على سطح القمر ، والتي تمد القمر بإضاءة إضافية أثناء النهار . وتحتاج الصناعات القمرية وسائل نقل المنتجات للأسواق الأرضية . وربما تكون هذه الوسائل عبارة عن عربات فضائية يتم دفعها إلى مدار الأرض . ويساعد على ذلك بطريقة مؤثرة جاذبية القمر الضعيفة ، وعدم وجود غلاف جوي .

وإذا تم كل شي على ما يرام ، فإننا قد نرى البضائع تنهال من القمر على الأرض، وكذا المواد الخام .ولا يستبعد أن نري بضاعة مكتوبا عليها العبـــارة المألوفة

**" صنع في القمر"**

## خاتمـــة

وبعد ... فليس هذا كل ما يمكن أن يقال عن الشمس والقمر ، كآيتين من آيات الله ، خلقها وقدر لهما ما قدر من خصائص فيزيائية وقوانين حركية ، يسيران عليها ، ومدارات لا تتزحزحان عنها إلا بقدر . وقد يسر الله لنا معرفة هذه القوانين فأصبحنا نحسب لهما ، وبالتالي نتبين مواقعهما بدرجة عالية من الدقة التي أتاحت لنا استنباط زمن وموقع حدوث الظواهر المختلفة .

أرجو أن يكون هذا الكتيب قد ساهم في فهمها واستيعاب خصائص هذه الظواهر ، ولعلي بذلك أكون قد عبّدت دربا في الطريق إلى علم فلك ملموس السمات ، يسير هواة الفلك وعامة الناس مستنيرين بما جاء فيه من ومضات المعرفة .

وإذا كان العلم طريقا للعلم . فأنني أرجو أن يفتح ما جاء في هذا الكتيب من معلومات طريقا لعلوم أخرى ، تكون لقارئه زادا ، ولوطننا أساسا ونبراسا .

**أ.د. محمد أحمد سليمان**

# فهـــرس

**الموضـــوع**



## الباب الأول

## الباب الثاني





## الباب الثالث



## المؤلف في سطور

- مواليد أول مارس ١٩٤٢ المنصورة - دقهلية .
- بكالوريوس في الفلك والفيزياء ١٩٦٥ من قسم الفلك -كلية العلوم -جامعة القاهرة.
- ماجستير علم الفلك ١٩٧٢ في الفيزياء الشمسية من كلية العلوم - جامعة القاهرة .
- دكتوراه الفلسفة في الفيزياء الشمسية ١٩٧٩ من كلية الطبيعة - جامعة موسكو .
- باحث في المعهد القومي للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية منذ مارس ١٩٨٠ .
- أستاذ باحث مساعد ٢٥/٤/ ١٩٨٤ .
- أستاذ باحث ٢٢/١١/ ١٩٩٣ .
- رئيس معمل أبحاث الشمس بالمعهد حتى ٣/١/٢٠٠١
- رئيس قسم بحوث الشمس والفضاء حتى ١/٣/٢٠٠٣
- مدير القبة السماوية بأرض المعارض بالجزيرة حتى عام ١٩٩٢ .
- مدير القبة الفلكية بمركز الملك فهد الثقافي بالرياض ١٩٩٢ - ١٩٩٤
- مدير معهد الفلك وعلوم الفضاء وأستاذ الفلك بجامعة آل البيت بالأردن من عام ١٩٩٤ حتى عام ١٩٩٨ .
- رئيس تحرير مجلة عالم الفلك والفضاء .
- رئيس تحرير مجلة عالم الفلك والجيوفيزياء - إصدار المعهد القومي للبحوث الفلكية والجيوفيزيقية
- عضو اللجنة القومية للعلوم الفلكية بأكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا.
- عضو الجمعية الفلكية المصرية .
- عضو الاتحاد الدولي الفلكي .
- عضو مجلس إدارة المعهد حتى ١/٣/٢٠٠٣ .
- عضو لجنة الإيفاد والدراسات العليا وشئون العاملين والبيئة بالمعهد سابقاً.

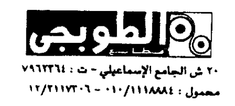
- رئيس لجنة الإعلام بالمعهد .
- رئيس الجمعية الفلكية بجامع مصطفى محمود منذ عام ١٩٨٤ .
- مشاركة في المؤتمرات الفلكية المحلية والعالية .
- أجرى ما يزيد عن ٤٠ بحثاً في النشاط الشمسي والعلاقات الشمس - أرضية والنجوم المتغيرة .
- أشرف على العديد من رسائل الماجستير والدكتوراه .
- رئيس المشروع البحثي " النشاط الشمسي وتأثيره على البيئة الأرضية " بالإشتراك مع الأكاديمية المجرية وتمويل من أكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا المصرية .
- ترجم وراجع العديد من المقالات في مجلة العلوم الأمريكية التي تصدر بالكويت
- قام بتأليف العديد من الكتب العلمية المبسطة في علم الفلك والفضاء
-الشمس والقمر بحسبان
-توظيف التكنولوجيا في خدمة الإهتمامات الفلكية
-تبسيط علم الفلك وتقريبه للناشئة
-بدائع الكون الفسيح
-سباحة فضائية في آفاق علم الفلك
-يسألونك عن الأهلة .وعن الشمس والقمر والأرض (تحت الطبع)



رقم الإيداع

٢٠٤٠٧

٢٠٠٣/١٢/١٣




٢٠ ش الجامع الإسماعيلي - ت : ٧٩٦٢٣٦٤
محمول : ٠١٠/١١١٨٨٨٤ - ٠١٢/٢١١٧٣٠٦